

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-107148

(43)Date of publication of application : 18.04.2000

(51)Int.Cl.

A61B 5/05

(21)Application number : 10-282726

(71)Applicant : SEKISUI CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 05.10.1998

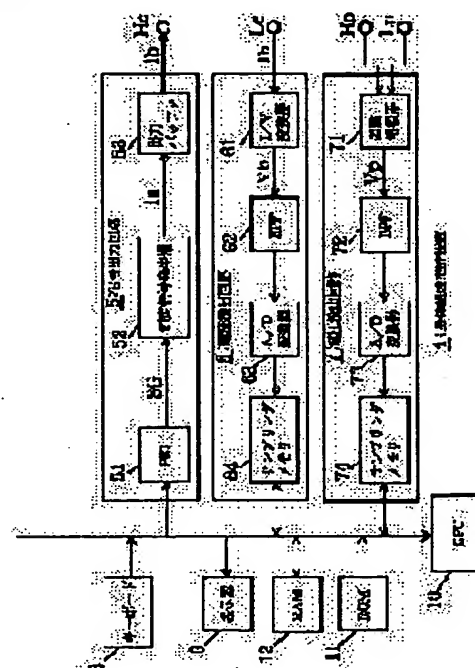
(72)Inventor : KUBOTA YASUYUKI  
ISHII TETSUYA  
YAMAZAKI KAZUTOSHI

(54) BODY COMPOSITION ESTIMATING METHOD AND APPARATUS THEREFOR AND MEMORY MEDIUM STORING BODY COMPOSITION ESTIMATING PROGRAM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve a higher estimation accuracy of the weights of fat and bones and a body fat rate.

**SOLUTION:** A signal output circuit 5 feeds the body of a subject with a multi-frequency probe current  $I_b$ . A current detection circuit 6 detects the multi-frequency probe current  $I_b$  flowing through the body of the subject. A voltage detection circuit 7 detects a voltage  $V_p$  between feet and hands of the subject. A CPU 10 measures a bioelectric impedance from the current  $I_b$  and the voltage  $V_p$  thus detected to calculate electric admittances  $Y(0)$  and  $Y(\infty)$  of the subject at zero of frequency and at the infinity of frequency from the bioelectric impedance measured. Then, the weight excluding bones and the weight of fat are calculated from the calculated admittances  $Y(0)$  and  $Y(\infty)$ , length, weight, sex and the like and moreover, the weight of the bones is calculated from the age, length and weight and the like of the subject. The weight of fat and a body fat rate of the body of the subject are estimated from the weight excluding the bones and the weight of fat and the weight of the bones.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** Carry out sequential generation of the probe current of a multi-cycle for every frequency, and said generated probe current is supplied to a test subject's body. The probe current which flows the probe electrical potential difference and living body which are impressed to a living body in that case is measured for every frequency. The body composition estimate approach characterized by computing the electric admittance or electrical impedance at the time of frequency 0:00 of said test subject's body, and frequency infinity, and estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on a formula (1) based on this measurement result.

**[Equation 1]**

$$\text{LEAN} = a1Y(0) H2 + b1Y(\text{infinity}) H2 + c1 W + d1 \text{ --- (1)}$$

LEAN: Electric admittance at the \*\*\*\* weight and fat weight Y(0):frequency 0:00 of a test subject's body (inverse number of electrical impedance)

Y (infinity): Electric admittance at the time of frequency infinity (inverse number of electrical impedance)

H: a test subject's height W: --- they are a test subject's weights a1, b1, and c1 and a d1:constant --- the semantics of LEAN, Y (0), Y (infinity), and H and W is below the same in a claim.

**[Claim 2]** The body composition estimate approach according to claim 1 characterized by estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN instead of a formula (1) based on a formula (2).

**[Equation 2]**

$$\text{LEAN} = a2Y(0) H2 + b2Y(\text{infinity}) H2 + c2 \text{ SEX} + d2 \text{ --- (2)}$$

SEX: A test subject's sex (it is referred to as SEX=1 at the time of a male, and referred to as SEX=2 at the time of a woman)

a2, b2, c2, d2: The semantics of a constant, in addition SEX is below the same in a claim.

**[Claim 3]** The body composition estimate approach according to claim 1 characterized by estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN instead of a formula (1) based on a formula (3).

**[Equation 3]**

$$\text{LEAN} = a3Y(0) H2 + b3Y(\text{infinity}) H2 + c3 H3 + d3 W + e3 \text{ --- (3)}$$

a3, b3, c3, d3, e3: Constant **[claim 4]** The body composition estimate approach according to claim 1 characterized by estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN instead of a formula (1) based on a formula (4).

**[Equation 4]**

$$\text{LEAN} = a4Y(0) H2 + b4Y(\text{infinity}) H2 + c4 H3 + d4 \text{ SEX} + e4 \text{ --- (4)}$$

a4, b4, c4, d4, e4: Constant **[claim 5]** The body composition estimate approach according to claim 1 characterized by estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN instead of a formula (1) based on a formula (5).

**[Equation 5]**

$$\text{LEAN} = a5Y(0) H2 + b5Y(\text{infinity}) H2 + c5 W + d5 \text{ SEX} + e5 \text{ --- (5)}$$

a5, b5, c5, d5, e5: Constant **[claim 6]** The body composition estimate approach according to claim 1 characterized by estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN instead of a formula (1) based on a formula (6).

**[Equation 6]**

LEAN=a6Y(0) H2+b6Y(infinity) H2+c6H3+d6W +e6 SEX+f6 — (6)

a6, b6, c6, d6, e6, f6: Constant [claim 7] The body composition estimate approach according to claim 1 which asks for the impedance locus or the admittance locus extrapolated by even the electric admittance or electrical impedance at the time of frequency 0:00 and frequency infinity, and is characterized by to compute the electric admittance or the electrical impedance at the time of frequency 0:00 of said test subject's body, and frequency infinity from this called-for impedance locus or an admittance locus based on the measured electrical impedance or the electric admittance for said every frequency, making full use of the operation technique of the least square method.

[Claim 8] By low frequency 5kHz or less, one carries out sequential generation of the probe current which is 2 cycles whose others are high frequency 200kHz or more for every frequency, and it supplies said generated probe current to a test subject's body. The probe current which flows the probe electrical potential difference and living body which are impressed to a living body in that case is measured for every frequency. Based on this measurement result, the electrical impedance or the electric admittance of said low frequency and a RF is computed. While considering that the computed electrical impedance or the electric admittance of said low frequency is said test subject's bodily electric admittance or electrical impedance at frequency 0:00 the body composition estimate approach according to claim 1 which is rich and is characterized by the thing which is the electric admittance or electrical impedance at the time of the frequency infinity of said test subject's body about the computed electrical impedance or the electric admittance of said RF, and to make.

[Claim 9] A male is received as said constants a1, b1, and c1 which constitute the formula (1) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN. a1=74.19\*\*20%, b1=266.32\*\*20%, and c1=0.24\*\*20% are given, and a woman is received. a — c 1= 0.099\*\*20% gives b 1= 198.89\*\*20% 1= 180.54\*\*20% — having — and said constant d1 The body composition estimate approach according to claim 1 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (1), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (1) thru/or the 3rd term.

[Claim 10] A less than 60-year-old man is received as said constants a2, b2, and c2 which constitute the formula (2) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN. a2=500.82\*\*20%, b2=— 5059.88\*\*20%, and c2=0.16\*\*20% are given, and a 60 or older-year man is received. a — 2= 409.55\*\*20% and b2= — c 2= 0.15\*\*20% gives —5532.31\*\*20% — having — and said constant d2 The body composition estimate approach according to claim 2 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (2), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (2) thru/or the 3rd term.

[Claim 11] A male is received as said constants a3, b3, c3, and d3 which constitute the formula (3) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN. d 3 = 0.20\*\*20% is given c 3 = 0.0024\*\*20% b 3 = 227.39\*\*20% 3 = 91.03\*\*20%, and a woman is received. a — a — d 3= 0.099\*\*20% gives c 3= 0.003\*\*20% b 3= 121.79\*\*20% 3= 157.38\*\*20% — having — and said constant e3 The body composition estimate approach according to claim 3 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (3), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (3) thru/or the 4th term.

[Claim 12] Said constants a4, b4, c4, and d4 which constitute the formula (4) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN a4=98.51\*\*20%, b4=261.70\*\*20%, c4=0.0028\*\*20%, and d4=— 3323.86\*\*20% are given. And said constant e4 The body composition estimate approach according to claim 4 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (4), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (4) thru/or the 4th term.

[Claim 13] Said constants a5, b5, c5, and d5 which constitute the formula (5) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN a5=85.49\*\*20%, b5=269.03\*\*20%, c5=0.126\*\*20%, and d5=— 4628.77\*\*20% are given. And said constant e5 The body composition estimate approach according to claim 5 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (5), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (5) thru/or the 4th term.

[Claim 14] Said constants a6, b6, c6, d6, and e6 which constitute the formula (6) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN —3779.48\*\*20% is given. a6=68.12 — \*\*20% b 6= 220.44\*\*20% c 6= 0.0026\*\*20% d 6= 0.11\*\*20% and e6= — said constant f6 with the average of the left part of a formula (6) The body composition estimate approach according to claim 6 characterized by asking from a difference with the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (6) thru/or

the 5th term.

[Claim 15] While estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on any 1 formula of a formula (1) thru/or a formula (6) Said test subject's weight after estimating said test subject's bone weight BMC based on a formula (7), Claim 1 characterized by estimating said test subject's fat weight or body fat percentage based on said \*\*\*\* weight with which it was obtained from the formula (1) thru/or any 1 formula of (6) and the fat weight LEAN, and said bone weight BMC obtained from the formula (7) thru/or the body composition estimate approach given in any 1 of 6.

[Equation 7]

$$BMC = g_1 AGE + h_1 H + i_1 W + j_1 \quad (7)$$

BMC: — a test subject's bone weight AGE: — they are age  $g_1$  of a test subject,  $h_1$  and  $i_1$ , and a  $j_1$ : constant — the semantics of BMC and AGE is below the same in a claim.

[Claim 16] While estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on a formula (1) thru/or any 1 formula of (6) Said test subject's weight after estimating said test subject's bone weight BMC based on a formula (8), Claim 1 characterized by estimating said test subject's fat weight or body fat percentage based on said \*\*\*\* weight with which it was obtained from the formula (1) thru/or any 1 formula of (6) and the fat weight LEAN, and said bone weight BMC obtained from the formula (8) thru/or the body composition estimate approach given in any 1 of 6.

[Equation 8]

$$BMC = h_2 H + i_2 W + j_2 SEX + k_2 \quad (8)$$

$h_2$ ,  $i_2$ ,  $j_2$ ,  $k_2$ : Constant [claim 17] While estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on a formula (1) thru/or any 1 formula of (6) Said test subject's weight after estimating said test subject's bone weight BMC based on a formula (9), Claim 1 characterized by estimating said test subject's fat weight or body fat percentage based on said \*\*\*\* weight with which it was obtained from the formula (1) thru/or any 1 formula of (6) and the fat weight LEAN, and said bone weight BMC obtained from the formula (9) thru/or the body composition estimate approach given in any 1 of 6.

[Equation 9]

$$BMC = g_3 AGE + h_3 H + i_3 W + j_3 SEX + k_3 \quad (9)$$

$g_3$ ,  $h_3$ ,  $i_3$ ,  $j_3$ ,  $k_3$ : Constant [claim 18] A male is received as said constants  $g_1$ ,  $h_1$ , and  $i_1$  which constitute the formula (7) which gives said test subject's bone weight BMC. It is given at  $g_1 = 2.13^{**20\%}$ ,  $h_1 = 22.65^{**20\%}$ , and  $i_1 = 46.11^{**20\%}$ , and a woman is received. It is given at  $g_1 = -11.37^{**20\%}$ ,  $h_1 = 21.03^{**20\%}$ , and  $i_1 = 20.98^{**20\%}$ . And said constant  $j_1$  The body composition estimate approach according to claim 15 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (7), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side thru/or the 3rd term.

[Claim 19] A less than 60-year-old man is received as said constant  $h_2$  which constitutes the formula (8) which gives said test subject's bone weight BMC,  $i_2$ , and  $j_2$ . It is given at  $h_2 = 36.7^{**20\%}$ ,  $i_2 = 0.026^{**20\%}$ , and  $j_2 = 105.66^{**20\%}$ , and a 60 or older-year man is received. It is given at  $h_2 = 17.65^{**20\%}$ ,  $i_2 = 0.037^{**20\%}$ , and  $j_2 = -262.62^{**20\%}$ . And said constant  $k_2$  The body composition estimate approach according to claim 16 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (8), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side thru/or the 3rd term.

[Claim 20] Said constants  $g_3$ ,  $h_3$ ,  $i_3$ , and  $j_3$  which constitute the formula (9) which gives said test subject's bone weight BMC It is given at  $g_3 = -7.33^{**20\%}$ ,  $h_3 = 23.48^{**20\%}$ ,  $i_3 = 26.14^{**20\%}$ , and  $j_3 = -62.05^{**20\%}$ . And said constant  $k_3$  The body composition estimate approach according to claim 17 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (9), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side thru/or the 4th term.

[Claim 21] Carry out sequential generation of the probe current of a multi-cycle for every frequency, and the probe current of the generated cycle is supplied to a test subject's body. An amount measurement means of bioelectricity to measure the current which flows to the electrical potential difference and living body which are impressed to a living body in that case, The electric admittance / an electrical impedance calculation means to compute the electric admittance or electrical impedance at the time of frequency 0:00 of said test subject's body, and frequency infinity based on the measurement result from this amount measurement means of bioelectricity, Body composition estimate equipment characterized by coming to have the \*\*\*\* weight and a fat weight estimate means to estimate the \*\*\*\* weight and the fat weight LEAN defined as being "the weight except said test subject's fat weight from weight and bone weight" using a formula (10).

[Equation 10]

$$\text{LEAN} = a_1 Y(0) H_2 + b_1 Y(\text{infinity}) H_2 + c_1 W + d_1 \text{ --- (10)}$$

$a_1, b_1, c_1, d_1$ : Constant [claim 22] Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by using a formula (11) and coming to have the \*\*\*\* weight and a fat weight estimate means to estimate the \*\*\*\* weight and the fat weight LEAN defined as being "the weight except said test subject's fat weight from weight and bone weight" instead of a formula (10).

[Equation 11]

$$\text{LEAN} = a_2 Y(0) H_2 + b_2 Y(\text{infinity}) H_2 + c_2 \text{SEX} + d_2 \text{ --- (11)}$$

$a_2, b_2, c_2, d_2$ : Constant [claim 23] Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by using a formula (12) and coming to have the \*\*\*\* weight and a fat weight estimate means to estimate the \*\*\*\* weight and the fat weight LEAN defined as being "the weight except said test subject's fat weight from weight and bone weight" instead of a formula (10).

[Equation 12]

$$\text{LEAN} = a_3 Y(0) H_2 + b_3 Y(\text{infinity}) H_2 + c_3 H_3 + d_3 W + e_3 \text{ --- (12)}$$

$a_3, b_3, c_3, d_3, e_3$ : Constant [claim 24] Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by using a formula (13) and coming to have the \*\*\*\* weight and a fat weight estimate means to estimate the \*\*\*\* weight and the fat weight LEAN defined as being "the weight except said test subject's fat weight from weight and bone weight" instead of a formula (10).

[Equation 13]

$$\text{LEAN} = a_4 Y(0) H_2 + b_4 Y(\text{infinity}) H_2 + c_4 H_3 + d_4 \text{SEX} + e_4 \text{ --- (13)}$$

$a_4, b_4, c_4, d_4, e_4$ : Constant [claim 25] Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by using a formula (14) and coming to have the \*\*\*\* weight and a fat weight estimate means to estimate the \*\*\*\* weight and the fat weight LEAN defined as being "the weight except said test subject's fat weight from weight and bone weight" instead of a formula (10).

[Equation 14]

$$\text{LEAN} = a_5 Y(0) H_2 + b_5 Y(\text{infinity}) H_2 + c_5 W + d_5 \text{SEX} + e_5 \text{ --- (14)}$$

$a_5, b_5, c_5, d_5, e_5$ : Constant [claim 26] Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by using a formula (15) and coming to have the \*\*\*\* weight and a fat weight estimate means to estimate the \*\*\*\* weight and the fat weight LEAN defined as being "the weight except said test subject's fat weight from weight and bone weight" instead of a formula (10).

[Equation 15]

$$\text{LEAN} = a_6 Y(0) H_2 + b_6 Y(\text{infinity}) H_2 + c_6 H_3 + d_6 W + e_6 \text{SEX} + f_6 \text{ --- (15)}$$

$a_6, b_6, c_6, d_6, e_6, f_6$ : Constant [claim 27] Electric admittance / electrical impedance calculation means Based on the measured electrical impedance or the electric admittance for every frequency, full use of the operation technique of the least square method is made. It asks for the impedance locus or admittance locus extrapolated by even the electric admittance or electrical impedance at the time of frequency 0:00 and frequency infinity. Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by computing the electric admittance or electrical impedance at the time of frequency 0:00 of said test subject's body, and frequency infinity from this called-for impedance locus or an admittance locus.

[Claim 28] Said amount measurement means of bioelectricity electric admittance / electrical impedance calculation means By low frequency 5kHz or less, one carries out sequential generation of the probe current which is 2 cycles whose others are high frequency 200kHz or more for every frequency, and it supplies said generated probe current to a test subject's body. It is what measures the probe current which flows the probe electrical potential difference and living body which are impressed to a living body in that case for every frequency. Said electric admittance / electrical impedance measurement means Based on said measurement result, the electrical impedance or the electric admittance of said low frequency and a RF is computed. While considering that the computed electrical impedance or the electric admittance of said low frequency is said test subject's bodily electric admittance or electrical impedance at frequency 0:00 Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by being what considers that the computed electrical impedance or the electric admittance of said RF is the electric admittance or electrical impedance at the time of the frequency infinity of said test subject's body.

[Claim 29] A male is received as said constants  $a_1, b_1$ , and  $c_1$  which constitute the formula (10) which

gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN.  $a_1=74.19^{**20\%}$ ,  $b_1=266.32^{**20\%}$ , and  $c_1=0.24^{**20\%}$  are given, and a woman is received.  $a - c_1 = 0.099^{**20\%}$  gives  $b_1 = 198.89^{**20\%}$   $1 = 180.54^{**20\%}$  — having — and said constant d1 Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (10), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (10) thru/or the 3rd term.

[Claim 30] A less than 60-year-old man is received as said constants  $a_2$ ,  $b_2$ , and  $c_2$  which constitute the formula (11) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN.  $a_2=500.82^{**20\%}$ ,  $b_2=-5059.88^{**20\%}$ , and  $c_2=0.16^{**20\%}$  are given, and a 60 or older-year man is received.  $a - 2 = 409.55^{**20\%}$  and  $b_2 = -c_2 = 0.15^{**20\%}$  gives  $-5532.31^{**20\%}$  — having — and said constant d2 Body composition estimate equipment according to claim 22 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (11), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (11) thru/or the 3rd term.

[Claim 31] A male is received as said constants  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ , and  $d_3$  which constitute the formula (12) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN.  $d_3 = 0.20^{**20\%}$  is given  $c_3 = 0.0024^{**20\%}$   $b_3 = 227.39^{**20\%}$   $3 = 91.03^{**20\%}$ , and a woman is received.  $a - a - d_3 = 0.099^{**20\%}$  gives  $c_3 = 0.003^{**20\%}$   $b_3 = 121.79^{**20\%}$   $3 = 157.38^{**20\%}$  — having — and said constant e3 Body composition estimate equipment according to claim 23 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (12), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (12) thru/or the 4th term.

[Claim 32] Said constants  $a_4$ ,  $b_4$ ,  $c_4$ , and  $d_4$  which constitute the formula (13) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN  $a - 4 = 98.51^{**20\%}$   $b_4 = 261.70^{**20\%}$   $c_4 = 0.0028^{**20\%}$  and  $d_4 = -3323.86^{**20\%}$  gives — having — and said constant e4 Body composition estimate equipment according to claim 24 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (13), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (13) thru/or the 4th term.

[Claim 33] Said constants  $a_5$ ,  $b_5$ ,  $c_5$ , and  $d_5$  which constitute the formula (14) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN  $a - 5 = 85.49^{**20\%}$   $b_5 = 269.03^{**20\%}$   $c_5 = 0.126^{**20\%}$  and  $d_5 = -4628.77^{**20\%}$  gives — having — and said constant e5 Body composition estimate equipment according to claim 25 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (14), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (14) thru/or the 4th term.

[Claim 34] Said constants  $a_6$ ,  $b_6$ ,  $c_6$ ,  $d_6$ , and  $e_6$  which constitute the formula (15) which gives said test subject's \*\*\*\* weight and fat weight LEAN  $a_6=68.12 -^{**20\%}$   $b_6 = 220.44^{**20\%}$   $c_6 = 0.0026^{**20\%}$   $d_6 = 0.11^{**20\%}$  and  $e_6 = -3779.48^{**20\%}$  gives — having — and said constant f6 With the average of the left part of a formula (15) Body composition estimate equipment according to claim 26 characterized by asking from a difference with the average of the sum of the 1st term of the right-hand side of a formula (15) thru/or the 5th term.

[Claim 35] While estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on any 1 formula of a formula (10) thru/or a formula (15) Said test subject's weight after estimating said test subject's bone weight BMC based on a formula (16), Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by estimating said test subject's fat weight or body fat percentage based on said \*\*\*\* weight with which it was obtained from the formula (10) thru/or any 1 formula of (15) and the fat weight LEAN, and said bone weight BMC obtained from the formula (16).

[Equation 16]

$BMC=g_1 AGE+h_1 H+i_1 W+j_1 - (16)$

$g_1$ ,  $h_1$ ,  $i_1$ ,  $j_1$ : Constant [claim 36] While estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on a formula (10) thru/or any 1 formula of (15) Said test subject's weight after estimating said test subject's bone weight BMC based on a formula (17), Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by estimating said test subject's fat weight or body fat percentage based on said \*\*\*\* weight with which it was obtained from the formula (10) thru/or any 1 formula of (15) and the fat weight LEAN, and said bone weight BMC obtained from the formula (17).

[Equation 17]

$BMC=h_2 H+i_2 W+j_2 SEX+k_2 - (17)$

$h_2$ ,  $i_2$ ,  $j_2$ ,  $k_2$ : Constant [claim 37] While estimating said \*\*\*\* weight and fat weight LEAN based on a

formula (10) thru/or any 1 formula of (15) Said test subject's weight after estimating said test subject's bone weight BMC based on a formula (18), Body composition estimate equipment according to claim 21 characterized by estimating said test subject's fat weight or body fat percentage based on said \*\*\*\* weight with which it was obtained from the formula (10) thru/or any 1 formula of (15) and the fat weight LEAN, and said bone weight BMC obtained from the formula (18).

[Equation 18]

$BMC = g_3 \text{ AGE} + h_3 \text{ H} + i_3 \text{ W} + j_3 \text{ SEX} + k_3$  — (18)

$g_3$ ,  $h_3$ ,  $i_3$ ,  $j_3$ ,  $k_3$ : Constant [claim 38] A male is received as said constants  $g_1$ ,  $h_1$ , and  $i_1$  which constitute the formula (16) which gives said test subject's bone weight BMC. It is given at  $g_1 = 2.13 \times 20\%$ ,  $h_1 = 22.65 \times 20\%$ , and  $i_1 = 46.11 \times 20\%$ , and a woman is received. It is given at  $g_1 = -11.37 \times 20\%$ ,  $h_1 = 21.03 \times 20\%$ , and  $i_1 = 20.98 \times 20\%$ . And said constant  $j_1$  Body composition estimate equipment according to claim 35 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (16), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side thru/or the 3rd term.

[Claim 39] A less than 60-year-old man is received as said constant  $h_2$  which constitutes the formula (17) which gives said test subject's bone weight BMC,  $i_2$ , and  $j_2$ . It is given at  $h_2 = 36.7 \times 20\%$ ,  $i_2 = 0.026 \times 20\%$ , and  $j_2 = 105.66 \times 20\%$ , and a 60 or older-year man is received. It is given at  $h_2 = 17.65 \times 20\%$ ,  $i_2 = 0.037 \times 20\%$ , and  $j_2 = -262.62 \times 20\%$ . And said constant  $k_2$  Body composition estimate equipment according to claim 36 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (17), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side thru/or the 3rd term.

[Claim 40] Said constants  $g_3$ ,  $h_3$ ,  $i_3$ , and  $j_3$  which constitute the formula (18) which gives said test subject's bone weight BMC  $g_3 = -7.33 \times 20\%$   $h_3 = 23.48 \times 20\%$  and  $i_3 = 26.14$  — it gives at  $\times 20\%$  and  $j_3 = -62.05 \times 20\%$  — having — and said constant  $k_3$  Body composition estimate equipment according to claim 37 characterized by asking from the difference of the average of the left part of a formula (18), and the average of the sum of the 1st term of the right-hand side thru/or the 4th term.

[Claim 41] The record medium which is the record medium which recorded the body-composition estimate program for estimating the fat weight of a test subject's body by computer, and in which computer reading is possible, and memorized the body-composition estimate program for operating a computer as claim 21 thru/or any 1 of 40 as a part of said bioelectricity impedance measurement means of a publication, an admittance calculation means, a LEAN estimate means, a bone weight estimate means, and fat weight / body fat percentage estimate means and in which computer reading is possible.

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-107148

(P2000-107148A)

(43) 公開日 平成12年4月18日 (2000.4.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 1 B 5/05

識別記号

F I

A 6 1 B 5/05

テームト (参考)

B 4 C 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数41 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平10-282726

(22) 出願日 平成10年10月5日 (1998.10.5)

(71) 出願人 000002174

積水化学工業株式会社

大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号

(72) 発明者 久保田 康之

京都市南区上鳥羽上調子町2-2 積水化学工業株式会社内

(72) 発明者 石井 徹哉

京都市南区上鳥羽上調子町2-2 積水化学工業株式会社内

(72) 発明者 山崎 和俊

京都市南区上鳥羽上調子町2-2 積水化学工業株式会社内

Fターム (参考) 4C027 AA06 CC00 DD03 FF01 GG09

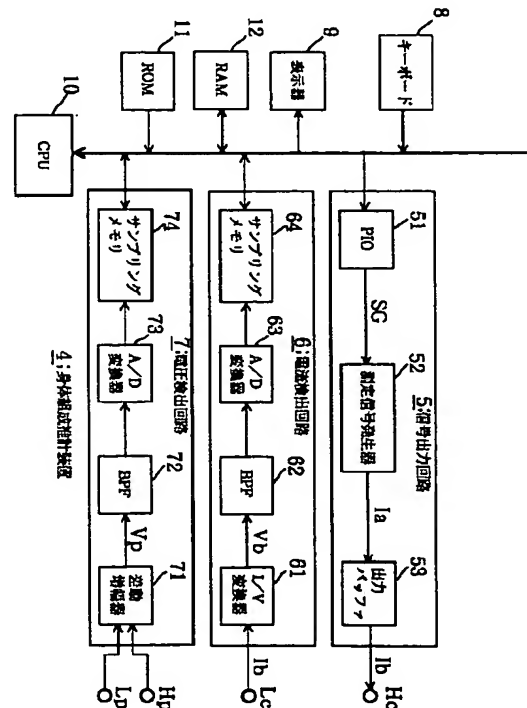
KK03 KK05

(54) 【発明の名称】 身体組成推計方法及びその装置、並びに身体組成推計プログラムを記憶した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 脂肪重量、骨重量、及び体脂肪率の推計精度の向上を図る。

【解決手段】 信号出力回路5は、被験者の体にマルチ周波のプロープ電流I<sub>b</sub>を投入する。電流検出回路6は、被験者の体を流れるマルチ周波のプロープ電流I<sub>b</sub>を検出する。電圧検出回路7は、被験者の手足間の電圧V<sub>p</sub>を検出する。CPU10は、検出された電流I<sub>b</sub>と電圧V<sub>p</sub>とに基づいて、生体電気インピーダンスを測定し、測定された生体電気インピーダンスに基づいて、周波数0時及び周波数無限大時の被験者の電気アドミタンスY(0)、Y(∞)を算出する。次に、算出されたアドミタンスY(0)、Y(∞)、身長、体重、性別等に基づいて、除骨重量・脂肪重量を算出し、さらに、被験者の年齢、身長及び体重等に基づいて、骨重量を算出する。除骨重量・脂肪重量と骨重量とに基づいて、被験者の体の脂肪重量や体脂肪率を推定する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マルチ周波のプロープ電流を各周波数毎に順次生成し、

生成された前記プロープ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加されるプロープ電圧及び生体を通れるプロープ電流を各周波数毎に測定し、

$$LEAN = a_1 Y(0) H^2 + b_1 Y(\infty) H^2 + c_1 W + d_1 \quad \dots (1)$$

LEAN: 被験者の体の除骨重量・脂肪重量

Y(0): 周波数 0 時の電気アドミッタンス (電気インピーダンスの逆数)

Y(∞): 周波数無限大時の電気アドミッタンス (電気インピーダンスの逆数)

H: 被験者の身長

W: 被験者の体重

$$LEAN = a_2 Y(0) H^2 + b_2 Y(\infty) H^2 + c_2 SEX + d_2$$

... (2)

SEX: 被験者の性別 (男性のとき SEX=1 とし、女性のとき SEX=2 とする)

a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>, d<sub>2</sub>: 定数

なお、SEX の意味は、特許請求の範囲において以下同じ。

$$LEAN = a_3 Y(0) H^2 + b_3 Y(\infty) H^2 + c_3 H^3 + d_3 W + e_3$$

... (3)

a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>3</sub>, d<sub>3</sub>, e<sub>3</sub>: 定数

【請求項 4】 式 (1) の代わりに、式 (4) に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量 LEAN を推計することを☆

$$LEAN = a_4 Y(0) H^2 + b_4 Y(\infty) H^2 + c_4 H^3 + d_4 SEX + e_4$$

... (4)

a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>, c<sub>4</sub>, d<sub>4</sub>, e<sub>4</sub>: 定数

【請求項 5】 式 (1) の代わりに、式 (5) に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量 LEAN を推計することを◆

$$LEAN = a_5 Y(0) H^2 + b_5 Y(\infty) H^2 + c_5 W + d_5 SEX + e_5$$

... (5)

a<sub>5</sub>, b<sub>5</sub>, c<sub>5</sub>, d<sub>5</sub>, e<sub>5</sub>: 定数

【請求項 6】 式 (1) の代わりに、式 (6) に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量 LEAN を推計することを\*

$$LEAN = a_6 Y(0) H^2 + b_6 Y(\infty) H^2 + c_6 H^3 + d_6 W$$

$$+ e_6 SEX + f_6$$

... (6)

a<sub>6</sub>, b<sub>6</sub>, c<sub>6</sub>, d<sub>6</sub>, e<sub>6</sub>, f<sub>6</sub>: 定数

【請求項 7】 測定された前記各周波数毎の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスに基づいて、最小二乗法の演算法を駆使して、周波数 0 時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスにまで外挿されたインピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡を求め、求められた該インピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡から、前記被験者の体の周波数 0 時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出することを特徴とする請求項 1 記載の身体組成推計方法。

【請求項 8】 1 つが 5 kHz 以下の低周波で、他が 2

\* 該測定結果に基づいて、前記被験者の体の周波数 0 時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出し、

式 (1) に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量 LEAN を推計することを特徴とする身体組成推計方法。

【数 1】

※ a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>, d<sub>1</sub>: 定数

なお、LEAN、Y(0)、Y(∞)、H、及び W の意味は、特許請求の範囲において以下同じ。

【請求項 2】 式 (1) の代わりに、式 (2) に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量 LEAN を推計することを特徴とする請求項 1 記載の身体組成推計方法。

【数 2】

★【請求項 3】 式 (1) の代わりに、式 (3) に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量 LEAN を推計することを特徴とする請求項 1 記載の身体組成推計方法。

【数 3】

☆特徴とする請求項 1 記載の身体組成推計方法。

【数 4】

◆特徴とする請求項 1 記載の身体組成推計方法。

【数 5】

\*特徴とする請求項 1 記載の身体組成推計方法。

【数 6】

00 kHz 以上の高周波である 2 周波のプロープ電流を各周波数毎に順次生成し、

生成された前記プロープ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加されるプロープ電圧及び生体を通れるプロープ電流を各周波数毎に測定し、

該測定結果に基づいて、前記低周波及び高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを算出し、算出された前記低周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数 0 時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすと共に、算出された前記高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数無限大時の電

気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすことを特徴とする請求項1記載の身体組成推計方法。

【請求項9】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(1)を構成する前記定数 $a_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ として、

男性に対しては、 $a_1 = 74.19 \pm 20\%$ 、 $b_1 = 266.32 \pm 20\%$ 、 $c_1 = 0.24 \pm 20\%$ が与えられ、

女性に対しては、 $a_1 = 180.54 \pm 20\%$ 、 $b_1 = 198.89 \pm 20\%$ 、 $c_1 = 0.099 \pm 20\%$ が与えられ、かつ、

前記定数 $d_1$ は、式(1)の左辺の平均値と、式(1)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項1記載の身体組成推計方法。

【請求項10】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(2)を構成する前記定数 $a_2$ 、 $b_2$ 、 $c_2$ として、

60歳未満の人に対しては、 $a_2 = 500.82 \pm 20\%$ 、 $b_2 = -5059.88 \pm 20\%$ 、 $c_2 = 0.16 \pm 20\%$ が与えられ、

60歳以上の人に対しては、 $a_2 = 409.55 \pm 20\%$ 、 $b_2 = -5532.31 \pm 20\%$ 、 $c_2 = 0.15 \pm 20\%$ が与えられ、かつ、

前記定数 $d_2$ は、式(2)の左辺の平均値と、式(2)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項2記載の身体組成推計方法。

【請求項11】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(3)を構成する前記定数 $a_3$ 、 $b_3$ 、 $c_3$ 、 $d_3$ として、

男性に対しては、 $a_3 = 91.03 \pm 20\%$ 、 $b_3 = 227.39 \pm 20\%$ 、 $c_3 = 0.0024 \pm 20\%$ 、 $d_3 = 0.20 \pm 20\%$ が与えられ、

女性に対しては、 $a_3 = 157.38 \pm 20\%$ 、 $b_3 = 121.79 \pm 20\%$ 、 $c_3 = 0.003 \pm 20\%$ 、 $d_3 = 0.099 \pm 20\%$ が与えられ、かつ、

前記定数 $e_3$ は、式(3)の左辺の平均値と、式(3)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項3記載の身体組成推計方法。

$$BMC = g_1 AGE + h_1 H + i_1 W + j_1$$

BMC：被験者の骨重量

AGE：被験者の年齢

$g_1$ 、 $h_1$ 、 $i_1$ 、 $j_1$ ：定数

なお、BMC、及びAGEの意味は、特許請求の範囲において以下同じ。

【請求項16】 式(1)乃至(6)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(8)に基づいて、前記被験者の骨重量B

\*【請求項12】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(4)を構成する前記定数 $a_4$ 、 $b_4$ 、 $c_4$ 、 $d_4$ は、

$a_4 = 98.51 \pm 20\%$ 、 $b_4 = 261.70 \pm 20\%$ 、 $c_4 = 0.0028 \pm 20\%$ 、 $d_4 = -3323.86 \pm 20\%$ が与えられ、かつ、

前記定数 $e_4$ は、式(4)の左辺の平均値と、式(4)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項4記載の身体組成推計方法。

【請求項13】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(5)を構成する前記定数 $a_5$ 、 $b_5$ 、 $c_5$ 、 $d_5$ は、

$a_5 = 85.49 \pm 20\%$ 、 $b_5 = 269.03 \pm 20\%$ 、 $c_5 = 0.126 \pm 20\%$ 、 $d_5 = -4628.77 \pm 20\%$ が与えられ、かつ、

前記定数 $e_5$ は、式(5)の左辺の平均値と、式(5)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項5記載の身体組成推計方法。

【請求項14】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(6)を構成する前記定数 $a_6$ 、 $b_6$ 、 $c_6$ 、 $d_6$ 、 $e_6$ は、

$a_6 = 68.12 \pm 20\%$ 、 $b_6 = 220.44 \pm 20\%$ 、 $c_6 = 0.0026 \pm 20\%$ 、 $d_6 = 0.11 \pm 20\%$ 、 $e_6 = -3779.48 \pm 20\%$ が与えられ、かつ、

前記定数 $f_6$ は、式(6)の左辺の平均値と、式(6)の右辺の第1項乃至第5項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項6記載の身体組成推計方法。

【請求項15】 式(1)乃至式(6)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(7)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(1)乃至(6)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(7)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1に記載の身体組成推計方法。

\*【数7】

$$\dots (7)$$

MCを推計した後、前記被験者の体重と、式(1)乃至(6)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(8)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1に記載の身体組成推計方法。

【数8】

$$BMC = h_2 H + i_2 W + j_2 SEX + k_2$$

... (8)

$h_2, i_2, j_2, k_2$ : 定数

【請求項17】 式(1)乃至(6)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(9)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(1)乃至(6)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂

$$BMC = g_3 AGE + h_3 H + i_3 W + j_3 SEX + k_3$$

... (9)

$g_3, h_3, i_3, j_3, k_3$ : 定数

【請求項18】 前記被験者の骨重量BMCを与える式(7)を構成する前記定数 $g_1, h_1, i_1$ として、男性に対しては、 $g_1 = 2.13 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 22.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 46.11 \pm 2.0\%$ で与えられ、女性に対しては、 $g_1 = -11.37 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 21.03 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 20.98 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $j_1$ は、式(7)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴とする請求項15記載の身体組成推計方法。

【請求項19】 前記被験者の骨重量BMCを与える式(8)を構成する前記定数 $h_2, i_2, j_2$ として、60歳未満の人に対しては、 $h_2 = 36.7 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.026 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = 105.66 \pm 2.0\%$ で与えられ、60歳以上の人に対しては、 $h_2 = 17.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.037 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = -262.62 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $k_2$ は、式(8)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴とする請求項16記載の身体組成推計方法。

※

$$LEAN = a_1 Y(0) H^2 + b_1 Y(\infty) H^2 + c_1 W + d_1$$

... (10)

$a_1, b_1, c_1, d_1$ : 定数

【請求項22】 式(10)の代わりに、式(11)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量L★

$$LEAN = a_2 Y(0) H^2 + b_2 Y(\infty) H^2 + c_2 SEX + d_2$$

... (11)

$a_2, b_2, c_2, d_2$ : 定数

【請求項23】 式(10)の代わりに、式(12)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量L☆

$$LEAN = a_3 Y(0) H^2 + b_3 Y(\infty) H^2 + c_3 H^3 + d_3 W + e_3$$

... (12)

$a_3, b_3, c_3, d_3, e_3$ : 定数

【請求項24】 式(10)の代わりに、式(13)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量L

$$LEAN = a_4 Y(0) H^2 + b_4 Y(\infty) H^2 + c_4 H^3 + d_4 SEX + e_4$$

※脂肪重量LEANと、式(9)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1に記載の身体組成推計方法。

【数9】

※【請求項20】 前記被験者の骨重量BMCを与える式

(9)を構成する前記定数 $g_3, h_3, i_3, j_3$ は、 $g_3 = -7.33 \pm 2.0\%$ 、 $h_3 = 23.48 \pm 2.0\%$ 、 $i_3 = 26.14 \pm 2.0\%$ 、 $j_3 = -62.05 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $k_3$ は、式(9)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴とする請求項17記載の身体組成推計方法。

【請求項21】 マルチ周波のプロープ電流を各周波数毎に順次生成し、生成された周波のプロープ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加される電圧及び生体に流れる電流を測定する生体電氣量測定手段と、該生体電氣量測定手段からの測定結果に基づいて、前記被験者の体の周波数0時及び周波数無限大時の電氣アドミッタンス又は電氣インピーダンスを算出する電氣アドミッタンス/電氣インピーダンス算出手段と、式(10)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴とする身体組成推計装置。

【数10】

★LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段を備えてなることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数11】

40 ☆LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数12】

LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数13】

$a_4, b_4, c_4, d_4, e_4$ : 定数

【請求項25】 式(10)の代わりに、式(14)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量  $L$  ※

$$LEAN = a_5 Y(0) H^2 + b_5 Y(\infty) H^2 + c_5 W + d_5 SEX + e_5 \quad \dots (14)$$

$a_5, b_5, c_5, d_5, e_5$ : 定数

【請求項26】 式(10)の代わりに、式(15)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量  $L$  ※

$$LEAN = a_6 Y(0) H^2 + b_6 Y(\infty) H^2 + c_6 H^3 + d_6 W + e_6 SEX + f_6 \quad \dots (15)$$

$a_6, b_6, c_6, d_6, e_6, f_6$ : 定数

【請求項27】 電気アドミッタンス／電気インピーダンス算出手段は、測定された各周波数毎の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスに基づいて、最小二乗法の演算手法を駆使して、周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスにまで外挿されたインピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡を求め、求められた該インピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡から、前記被験者の体の周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出することを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【請求項28】 前記生体電気量測定手段は、電気アドミッタンス／電気インピーダンス算出手段は、1つが5kHz以下の低周波で、他が200kHz以上の高周波である2周波のプロープ電流を各周波数毎に順次生成し、生成された前記プロープ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加されるプロープ電圧及び生体を流れるプロープ電流を各周波数毎に測定するものであり、

前記電気アドミッタンス／電気インピーダンス測定手段は、前記測定結果に基づいて、前記低周波及び高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを算出し、算出された前記低周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数0時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすと共に、算出された前記高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすものであることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【請求項29】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量  $LEAN$  を与える式(10)を構成する前記定数  $a_1, b_1, c_1$  として、

男性に対しては、 $a_1 = 74.19 \pm 2.0\%$ 、 $b_1 = 266.32 \pm 2.0\%$ 、 $c_1 = 0.24 \pm 2.0\%$  が与えられ、

(5)

特開2000-107148

8

…(13)

\*  $LEAN$  を推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数14】

※  $LEAN$  を推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数15】

女性に対しては、 $a_1 = 180.54 \pm 2.0\%$ 、 $b_1 = 198.89 \pm 2.0\%$ 、 $c_1 = 0.099 \pm 2.0\%$  が与えられ、かつ、

前記定数  $d_1$  は、式(10)の左辺の平均値と、式(10)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【請求項30】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量  $LEAN$  を与える式(11)を構成する前記定数  $a_2, b_2, c_2$  として、

60歳未満の人に対しては、 $a_2 = 500.82 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5059.88 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.16 \pm 2.0\%$  が与えられ、

60歳以上の人に対しては、 $a_2 = 409.55 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5532.31 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.15 \pm 2.0\%$  が与えられ、かつ、

前記定数  $d_2$  は、式(11)の左辺の平均値と、式(11)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項22記載の身体組成推計装置。

【請求項31】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量  $LEAN$  を与える式(12)を構成する前記定数  $a_3, b_3, c_3, d_3$  として、

男性に対しては、 $a_3 = 91.03 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 227.39 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.0024 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.20 \pm 2.0\%$  が与えられ、

女性に対しては、 $a_3 = 157.38 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 121.79 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.003 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.099 \pm 2.0\%$  が与えられ、かつ、

前記定数  $e_3$  は、式(12)の左辺の平均値と、式(12)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項23記載の身体組成推計装置。

【請求項32】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量  $LEAN$  を与える式(13)を構成する前記定数  $a_4, b_4, c_4, d_4$  は、

$a_4 = 98.51 \pm 2.0\%$ 、 $b_4 = 261.70 \pm 2.0$

%,  $c_4 = 0.0028 \pm 2.0\%$ 、 $d_4 = -3323.86 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、

前記定数  $e_4$  は、式(13)の左辺の平均値と、式(13)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項24記載の身体組成推計装置。

【請求項33】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(14)を構成する前記定数  $a_5$ 、 $b_5$ 、 $c_5$ 、 $d_5$ は、

$a_5 = 85.49 \pm 2.0\%$ 、 $b_5 = 269.03 \pm 2.0\%$ 、 $c_5 = 0.126 \pm 2.0\%$ 、 $d_5 = -4628.77 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、

前記定数  $e_5$  は、式(14)の左辺の平均値と、式(14)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項25記載の身体組成推計装置。

【請求項34】 前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(15)を構成する前記定数  $a_6$ 、 $b_6$ 、 $c_6$ 、 $d_6$ 、 $e_6$ は、

$$BMC = g_1 AGE + h_1 H + i_1 W + j_1 \dots (16)$$

$g_1$ 、 $h_1$ 、 $i_1$ 、 $j_1$ ：定数

【請求項36】 式(10)乃至(15)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(17)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(10)乃至(15)のいずれか1の式から得られた前記除

$$BMC = h_2 H + i_2 W + j_2 SEX + k_2 \dots (17)$$

$h_2$ 、 $i_2$ 、 $j_2$ 、 $k_2$ ：定数

【請求項37】 式(10)乃至(15)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(18)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(10)乃至(15)のいずれか1の式から得られた前記除

$$BMC = g_3 AGE + h_3 H + i_3 W + j_3 SEX + k_3 \dots (18)$$

$g_3$ 、 $h_3$ 、 $i_3$ 、 $j_3$ 、 $k_3$ ：定数

【請求項38】 前記被験者の骨重量BMCを与える式(16)を構成する前記定数  $g_1$ 、 $h_1$ 、 $i_1$ として、

男性に対しては、 $g_1 = 2.13 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 22.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 46.11 \pm 2.0\%$ で与えられ、女性に対しては、 $g_1 = -11.37 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 21.03 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 20.98 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、

前記定数  $j_1$ は、式(16)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴とする請求項35記載の身体組成推計装置。

【請求項39】 前記被験者の骨重量BMCを与える式(17)を構成する前記定数  $h_2$ 、 $i_2$ 、 $j_2$ として、

60歳未満の人に対しては、 $h_2 = 36.7 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.026 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = 105.66 \pm 2.0\%$

\*  $a_6 = 68.12 \pm 2.0\%$ 、 $b_6 = 220.44 \pm 2.0\%$ 、 $c_6 = 0.0026 \pm 2.0\%$ 、 $d_6 = 0.11 \pm 2.0\%$ 、 $e_6 = -3779.48 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、

前記定数  $f_6$  は、式(15)の左辺の平均値と、式(15)の右辺の第1項乃至第5項の和の平均値との差から求められることを特徴とする請求項26記載の身体組成推計装置。

【請求項35】 式(10)乃至式(15)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(16)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(10)乃至(15)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(16)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数16】

※骨重量・脂肪重量LEANと、式(17)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数17】

★骨重量・脂肪重量LEANと、式(18)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴とする請求項21記載の身体組成推計装置。

【数18】

で与えられ、

60歳以上の人に対しては、 $h_2 = 17.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.037 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = -262.62 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、

前記定数  $k_2$ は、式(17)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴とする請求項36記載の身体組成推計装置。

【請求項40】 前記被験者の骨重量BMCを与える式(18)を構成する前記定数  $g_3$ 、 $h_3$ 、 $i_3$ 、 $j_3$ は、 $g_3 = -7.33 \pm 2.0\%$ 、 $h_3 = 23.48 \pm 2.0\%$ 、 $i_3 = 26.14 \pm 2.0\%$ 、 $j_3 = -62.05 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、

前記定数  $k_3$  は、式(18)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴とする請求項37記載の身体組成推計装

置。

【請求項41】 コンピュータによって被験者の体の脂肪重量を推計するための身体組成推計プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、コンピュータを請求項21乃至40のいずれか1に記載の前記生体電気インピーダンス測定手段の一部、アドミッタンス算出手段、LEAN推計手段、骨重量推計手段、及び脂肪重量／体脂肪率推計手段として機能させるための身体組成推計プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、生体電気インピーダンス法に基づいて、被験者の体脂肪の状態、すなわち、除骨重量・脂肪重量、脂肪重量、体脂肪率等を推計するための身体組成推計方法及びその装置、並びに身体組成推計プログラムを記憶した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 人間の除脂肪重量LBM、脂肪重量FAT等の精密な測定は、主として、二重エネルギーX線吸収法（Dual energy X-ray Absorptiometry、以下、簡単に、DXAという）等に代表されるX線を使用する測定装置を用いたり、あるいは水中体重法により行われるが、X線による測定では、装置が大がかりになる上、被爆の虞れがある。また、水中体重法では、浴槽内に被験者が入らねばならず、大変煩雑である。

【0003】 そこで、無被爆下で取り扱える簡易な装置として、生体電気インピーダンス（Bioelectric Impedance）法を利用する身体組成推計装置が普及してきている。この生体電気インピーダンス法では、生体の電気特性が、組織又は臓器の種類によって著しく異なっており、例えば、ヒトの場合、血液の電気抵抗率は $150\Omega \cdot \text{cm}$ 前後であるのに対して、骨や脂肪の電気抵抗率は $1 \sim 5\text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ もあることが、利用される。

【0004】 生体電気インピーダンスは、生体中のイオンによって搬送される電流に対する生体の抵抗（レジスタンス）と、細胞膜、組織界面、あるいは非イオン化組織によって作り出される様々な種類の分極プロセスと関連したリアクタンスとから構成される。細胞1, 1, …は、図18に示すように、細胞膜2, 2, …によって取り囲まれて成り立っており、この細胞膜2, 2, …は、電気的には容量（キャパシタンス）の大きなコンデンサと見ることができる。したがって、生体電気インピーダンスは、図13に示すように、細胞外液抵抗 $1/Y_e$ のみからなる細胞外液インピーダンスと、細胞内液抵抗 $1/Y_i$ と細胞膜容量 $C_m$ との直列接続からなる細胞内液インピーダンスとの並列合成インピーダンスと考えることができる。ところで、このような身体組成推計装置では、手足の表面電極間に流すべき正弦波交流電流の周波数を、電気位相角 $\phi$ が最大になる時の周波数（特性周波

(7)

特開2000-107148

12

数）である略50kHzに固定した状態で、被験者の生体電気インピーダンスを測定する構成となっているため、細胞外液抵抗 $1/Y_e$ と、細胞内液抵抗 $1/Y_i$ とを分離して求めることができず、細胞外液インピーダンスと細胞内液インピーダンスとの並列合成インピーダンスに基づいて、しかも、細胞膜の容量成分を含んだ生体電気インピーダンスに基づいて、被験者の体脂肪の状態を推計していたため、除脂肪重量LBM、脂肪重量FAT等の推計精度が余り良くない、という欠点があった。

10 【0005】 この欠点を解消する手段として、マルチ周波のプロープ電流を生成し、生成しマルチ周波のプロープ電流を被験者の体に投入し、その際の電流及び被験者の被電圧測定表面部位間の電圧を測定し、該被験者の生体電気インピーダンスを測定することにより、細胞外液抵抗 $1/Y_e$ と、細胞内液抵抗 $1/Y_i$ とを（細胞膜容量 $C_m$ を含まない）純粋な抵抗値として求め、求められた細胞外液抵抗 $1/Y_e$ と細胞内液抵抗 $1/Y_i$ とに基づいて、被験者の体脂肪の状態を推計する身体組成推計装置が提供されている（この出願人の出願に係る特願平8-176448号等参照）。

20 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記出願に係るマルチ周数インピーダンス法によれば、単一周波数（50kHz）を用いたインピーダンス法に較べて明らかに推計精度の向上が認められ、マルチ周数インピーダンス法により推計された脂肪重量とDXAで測定した脂肪重量との相関係数が0.918と高いものの、体重から除脂肪重量の差をとる体脂肪量等の算出には、これで、充分であるとはいえない。

30 【0007】 この発明は、上述の事情に鑑みてなされたもので、除骨重量・脂肪重量を正確に推計できるようにして、脂肪重量及び体脂肪率の推計精度の向上を図ることのできる身体組成推計方法及びその装置、並びに身体組成推計プログラムを記憶した記録媒体を提供することを第1の目的としている。また、この発明は、除骨重量・脂肪重量を正確に推計し、骨重量も推計できるようにして、脂肪重量及び体脂肪率の推計精度の向上を図ることのできる身体組成推計方法及びその装置、並びに身体組成推計プログラムを記憶した記録媒体を提供することを第2の目的としている。

40 【0008】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、身体組成推計方法に係り、マルチ周波のプロープ電流を各周波数毎に順次生成し、生成された前記プロープ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加されるプロープ電圧及び生体を通るプロープ電流を各周波数毎に測定し、該測定結果に基づいて、前記被験者の体の周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出し、式（19）に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量L

50

LEANを推計することと特徴としている。

【0009】

$$LEAN = a_1 Y(0) H^2 + b_1 Y(\infty) H^2 + c_1 W + d_1 \quad \dots (19)$$

LEAN：被験者の体の除骨重量・脂肪重量

Y(0)：周波数0時の電気アドミッタンス（電気インピーダンスの逆数）

Y(∞)：周波数無限大時の電気アドミッタンス（電気インピーダンスの逆数）

H：被験者の身長

W：被験者の体重

\*

\*【数19】

※a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>, d<sub>1</sub>：定数

【0010】請求項2記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、式(19)の代わりに、式(20)に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計することと特徴としている。

【0011】

※10 【数20】

$$LEAN = a_2 Y(0) H^2 + b_2 Y(\infty) H^2 + c_2 SEX + d_2 \quad \dots (20)$$

SEX：被験者の性別（男性のときSEX=1とし、女性のときSEX=2とする）

a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>, d<sub>2</sub>：定数

【0012】請求項3記載の発明は、請求項1記載の身★

$$LEAN = a_3 Y(0) H^2 + b_3 Y(\infty) H^2 + c_3 H^3 + d_3 W + e_3 \quad \dots (21)$$

a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>3</sub>, d<sub>3</sub>, e<sub>3</sub>：定数

【0013】請求項4記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、式(19)の代わりに、式(22)に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推

$$LEAN = a_4 Y(0) H^2 + b_4 Y(\infty) H^2 + c_4 H^3 + d_4 SEX + e_4 \quad \dots (22)$$

a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>, c<sub>4</sub>, d<sub>4</sub>, e<sub>4</sub>：定数

【0015】請求項5記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、式(19)の代わりに、式(2◆

$$LEAN = a_5 Y(0) H^2 + b_5 Y(\infty) H^2 + c_5 W + d_5 SEX + e_5 \quad \dots (23)$$

a<sub>5</sub>, b<sub>5</sub>, c<sub>5</sub>, d<sub>5</sub>, e<sub>5</sub>：定数

【0016】請求項6記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、式(19)の代わりに、式(2\*

$$LEAN = a_6 Y(0) H^2 + b_6 Y(\infty) H^2 + c_6 H^3 + d_6 W + e_6 SEX + f_6 \quad \dots (24)$$

a<sub>6</sub>, b<sub>6</sub>, c<sub>6</sub>, d<sub>6</sub>, e<sub>6</sub>, f<sub>6</sub>：定数

【0017】請求項7記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、測定された前記各周波数毎の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスに基づいて、最小二乗法の演算手法を駆使して、周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスにまで外挿されたインピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡を求め、求められた該インピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡から、前記被験者の体の周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出することと特徴としている。

【0018】請求項8記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、1つが5kHz以下の低周波で、他が200kHz以上の高周波である2周波のプロープ電流を各周波数毎に順次生成し、生成された前記プロープ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印

40

50

☆計することと特徴としている。

【0014】

【数22】

◆3)に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計することと特徴としている。

【数23】

30 \* 4)に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計することと特徴としている。

【数24】

加されるプロープ電圧及び生体を通るプロープ電流を各周波数毎に測定し、該測定結果に基づいて、前記低周波及び高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを算出し、算出された前記低周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数0時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすと共に、算出された前記高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすことを特徴としている。

【0019】請求項9記載の発明は、請求項1記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(19)を構成する前記定数a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>として、男性に対しては、a<sub>1</sub>=74.19±2.0%、b<sub>1</sub>=266.32±2.0%、c<sub>1</sub>=0.24±2.0%が与えられ、女性に対しては、a<sub>1</sub>=180.54



$\pm 2.0\%$ 、 $b_1 = 198.89 \pm 2.0\%$ 、 $c_1 = 0.099 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $d_1$ は、式(19)の左辺の平均値と、式(19)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0020】請求項10記載の発明は、請求項2記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(20)を構成する前記定数 $a_2$ 、 $b_2$ 、 $c_2$ として、60歳未満の人に対しては、 $a_2 = 500.82 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5059.88 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.16 \pm 2.0\%$ が与えられ、60歳以上の人に対しては、 $a_2 = 409.55 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5532.31 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.15 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $d_2$ は、式(20)の左辺の平均値と、式(20)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0021】請求項11記載の発明は、請求項3記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(21)を構成する前記定数 $a_3$ 、 $b_3$ 、 $c_3$ 、 $d_3$ として、男性に対しては、 $a_3 = 91.03 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 227.39 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.0024 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.20 \pm 2.0\%$ が与えられ、女性に対しては、 $a_3 = 157.38 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 121.79 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.003 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.099 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $e_3$ は、式(21)の左辺の平均値と、式(21)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0022】請求項12記載の発明は、請求項4記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(22)を構成する前記定数 $a_4$ 、 $b_4$ 、 $c_4$ 、 $d_4$ は、 $a_4 = 98.51 \pm 2.0\%$ 、 $b_4 = 261.70 \pm 2.0\%$ 、 $c_4 = 0.0028 \pm 2.0\%$ 、 $d_4 = -3323.86 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定\*

$$BMC = g_1 AGE + h_1 H + i_1 W + j_1 \dots (25)$$

BMC：被験者の骨重量

AGE：被験者の年齢

$g_1, h_1, i_1, j_1$ ：定数

【0027】請求項16記載の発明は、請求項1乃至6のいずれか1に記載の身体組成推計方法に係り、式(19)乃至(24)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(26)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した※

$$BMC = h_2 H + i_2 W + j_2 SEX + k_2 \dots (26)$$

$h_2, i_2, j_2, k_2$ ：定数

【0029】請求項17記載の発明は、請求項1乃至6のいずれか1に記載の身体組成推計方法に係り、式(19)乃至(24)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(27)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した

\*数 $e_4$ は、式(22)の左辺の平均値と、式(22)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0023】請求項13記載の発明は、請求項5記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(23)を構成する前記定数 $a_5$ 、 $b_5$ 、 $c_5$ 、 $d_5$ は、 $a_5 = 85.49 \pm 2.0\%$ 、 $b_5 = 269.03 \pm 2.0\%$ 、 $c_5 = 0.126 \pm 2.0\%$ 、 $d_5 = -4628.77 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $e_5$ は、式(23)の左辺の平均値と、式(23)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0024】請求項14記載の発明は、請求項6記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(24)を構成する前記定数 $a_6$ 、 $b_6$ 、 $c_6$ 、 $d_6$ 、 $e_6$ は、 $a_6 = 68.12 \pm 2.0\%$ 、 $b_6 = 220.44 \pm 2.0\%$ 、 $c_6 = 0.0026 \pm 2.0\%$ 、 $d_6 = 0.11 \pm 2.0\%$ 、 $e_6 = -3779.48 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $f_6$ は、式(24)の左辺の平均値と、式(24)の右辺の第1項乃至第5項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0025】請求項15記載の発明は、身体組成推計方法に係り、式(19)乃至式(24)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(25)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(19)乃至(24)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(25)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴としている。

【0026】

【数25】

※後、前記被験者の体重と、式(19)乃至(24)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(26)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴としている。

【0028】

【数26】

後、前記被験者の体重と、式(19)乃至(24)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(27)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴としている。

【0030】

【数27】

$$BMC = g_3 AGE + h_3 H + i_3 W + j_3 SEX + k_3 \quad \dots (27)$$

$g_3, h_3, i_3, j_3, k_3$ : 定数

【0031】請求項18記載の発明は、請求項15記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の骨重量BMCを与える式(25)を構成する前記定数 $g_1, h_1, i_1$ として、男性に対しては、 $g_1 = 2.13 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 22.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 46.11 \pm 2.0\%$ で与えられ、女性に対しては、 $g_1 = -11.37 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 21.03 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 20.98 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $j_1$ は、式(25)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴している。

【0032】請求項19記載の発明は、請求項16記載の身体組成推計方法に係り、前記被験者の骨重量BMCを与える式(26)を構成する前記定数 $h_2, i_2, j_2$ として、60歳未満の人に対しては、 $h_2 = 36.7 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.026 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = 105.66 \pm 2.0\%$ で与えられ、60歳以上の人に対しては、 $h_2 = 17.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.037 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = -262.62 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $k_2$ は、式(26)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴としている。

【0033】請求項20記載の発明は、請求項17記載\*

$$LEAN = a_1 Y(0) H^2 + b_1 Y(\infty) H^2 + c_1 W + d_1 \quad \dots (28)$$

$a_1, b_1, c_1, d_1$ : 定数

【0036】請求項22記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)の代わりに、式(29)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・※

$$LEAN = a_2 Y(0) H^2 + b_2 Y(\infty) H^2 + c_2 SEX + d_2 \quad \dots (29)$$

$a_2, b_2, c_2, d_2$ : 定数

【0038】請求項23記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)の代わりに、式(30)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・★

$$LEAN = a_3 Y(0) H^2 + b_3 Y(\infty) H^2 + c_3 H^3 + d_3 W + e_3 \quad \dots (30)$$

$a_3, b_3, c_3, d_3, e_3$ : 定数

【0040】請求項24記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)の代わりに、式(31)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・☆

$$LEAN = a_4 Y(0) H^2 + b_4 Y(\infty) H^2 + c_4 H^3 + d_4 SEX + e_4 \quad \dots (31)$$

$a_4, b_4, c_4, d_4, e_4$ : 定数

【0042】請求項25記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)の代わりに、式

\*の身体組成推計方法に係り、前記被験者の骨重量BMCを与える式(27)を構成する前記定数 $g_3, h_3, i_3, j_3$ は、 $g_3 = -7.33 \pm 2.0\%$ 、 $h_3 = 23.48 \pm 2.0\%$ 、 $i_3 = 26.14 \pm 2.0\%$ 、 $j_3 = -62.05 \pm 2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $k_3$ は、式(27)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴としている。

【0034】請求項21記載の発明は、身体組成推計装置に係り、マルチ周波のプロブ電流を各周波数毎に順次生成し、生成された周波のプロブ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加される電圧及び生体に流れる電流を測定する生体電気量測定手段と、該生体電気量測定手段からの測定結果に基づいて、前記被験者の体の周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出する電気アドミッタンス/電気インピーダンス算出手段と、式(28)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴としている。

【0035】

【数28】

※脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段を備えてなることを特徴としている。

【0037】

【数29】

★脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴としている。

【0039】

【数30】

☆脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴としている。

【0041】

【数31】

(32)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手

段とを備えてなることを特徴としている。

【0043】

\*

$$LEAN = a_5 Y(0) H^2 + b_5 Y(\infty) H^2 + c_5 W + d_5 SEX + e_5 \quad \dots (32)$$

$a_5, b_5, c_5, d_5, e_5$ : 定数

【0044】請求項26記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(10)の代わりに、式(33)を用いて、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・※

$$LEAN = a_6 Y(0) H^2 + b_6 Y(\infty) H^2 + c_6 H^3 + d_6 W + e_6 SEX + f_6 \quad \dots (33)$$

$a_6, b_6, c_6, d_6, e_6, f_6$ : 定数

【0046】請求項27記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、電気アドミッタンス／電気インピーダンス算出手段は、測定された各周波数毎の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスに基づいて、最小二乗法の演算法手を駆使して、周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスにまで外挿されたインピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡を求め、求められた該インピーダンス軌跡又はアドミッタンス軌跡から、前記被験者の体の周波数0時及び周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスを算出することを特徴としている。

【0047】請求項28記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、前記生体電気量測定手段は、電気アドミッタンス／電気インピーダンス算出手段は、1つが5kHz以下の低周波で、他が200kHz以上の高周波である2周波のプローブ電流を各周波数毎に順次生成し、生成された前記プローブ電流を被験者の体に投入して、その際に生体に印加されるプローブ電圧及び生体を通れるプローブ電流を各周波数毎に測定するものであり、前記電気アドミッタンス／電気インピーダンス測定手段は、前記測定結果に基づいて、前記低周波及び高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを算出し、算出された前記低周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数0時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすと共に、算出された前記高周波の電気インピーダンス又は電気アドミッタンスを、前記被験者の体の周波数無限大時の電気アドミッタンス又は電気インピーダンスであるとみなすものであることを特徴としている。

【0048】請求項29記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(28)を構成する前記定数 $a_1, b_1, c_1$ として、男性に対しては、 $a_1 = 74.19 \pm 2.0\%$ 、 $b_1 = 266.32 \pm 2.0\%$ 、 $c_1 = 0.24 \pm 2.0\%$ が与えられ、女性に対しては、 $a_1 = 180.54 \pm 2.0\%$ 、 $b_1 = 198.89 \pm 2.0\%$ 、 $c_1 = 0.099 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $d_1$ は、式

\*【数32】

※脂肪重量LEANを推計する除骨重量・脂肪重量推計手段とを備えてなることを特徴としている。

【0045】

【数33】

(28)の左辺の平均値と、式(28)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0049】請求項30記載の発明は、請求項22記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(29)を構成する前記定数 $a_2, b_2, c_2$ として、60歳未満の人に対しては、 $a_2 = 500.82 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5059.88 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.16 \pm 2.0\%$ が与えられ、60歳以上の人に対しては、 $a_2 = 409.55 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5532.31 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.15 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $d_2$ は、式(29)の左辺の平均値と、式(29)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0050】請求項31記載の発明は、請求項23記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(30)を構成する前記定数 $a_3, b_3, c_3, d_3$ として、男性に対しては、 $a_3 = 91.03 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 227.39 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.0024 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.20 \pm 2.0\%$ が与えられ、女性に対しては、 $a_3 = 157.38 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 121.79 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.003 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.099 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $e_3$ は、式(30)の左辺の平均値と、式(30)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0051】請求項32記載の発明は、請求項24記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(31)を構成する前記定数 $a_4, b_4, c_4, d_4$ は、 $a_4 = 98.51 \pm 2.0\%$ 、 $b_4 = 261.70 \pm 2.0\%$ 、 $c_4 = 0.0028 \pm 2.0\%$ 、 $d_4 = -3323.86 \pm 2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $e_4$ は、式(31)の左辺の平均値と、式(31)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0052】請求項33記載の発明は、請求項25記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(32)を構成する前記定数 $a_5, b_5, c_5, d_5$ は、 $a_5 = 85.49 \pm 2.0\%$ 、 $b_5 =$

269.03±2.0%、 $c_5=0.126\pm2.0\%$ 、 $d_5=-4628.77\pm2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $e_5$ は、式(32)の左辺の平均値と、式(32)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められることを特徴としている。

【0053】請求項34記載の発明は、請求項26記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを与える式(33)を構成する前記定数 $a_6, b_6, c_6, d_6, e_6$ は、 $a_6=68.12\pm2.0\%$ 、 $b_6=220.44\pm2.0\%$ 、 $c_6=0.0026\pm2.0\%$ 、 $d_6=0.11\pm2.0\%$ 、 $e_6=-3779.48\pm2.0\%$ が与えられ、かつ、前記定数 $f_6$ は、式(33)の左辺の平均値と、式(33)の右辺の第1項乃至第5項の和の平均値との差から求められることを特徴として\*

$$BMC = g_1 AGE + h_1 H + i_1 W + j_1 \dots (34)$$

$g_1, h_1, i_1, j_1$ : 定数

【0056】請求項36記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)乃至(33)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(35)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(28)乃至(33)のいずれか1の式から得ら※

$$BMC = h_2 H + i_2 W + j_2 SEX + k_2 \dots (35)$$

$h_2, i_2, j_2, k_2$ : 定数

【0058】請求項37記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)乃至(33)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(36)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(28)乃至(33)のいずれか1の式から得ら★30

$$BMC = g_3 AGE + h_3 H + i_3 W + j_3 SEX + k_3 \dots (36)$$

$g_3, h_3, i_3, j_3, k_3$ : 定数

【0060】請求項38記載の発明は、請求項35記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の骨重量BMCを与える式(34)を構成する前記定数 $g_1, h_1, i_1$ として、男性に対しては、 $g_1=2.13\pm2.0\%$ 、 $h_1=22.65\pm2.0\%$ 、 $i_1=46.11\pm2.0\%$ で与えられ、女性に対しては、 $g_1=-11.37\pm2.0\%$ 、 $h_1=21.03\pm2.0\%$ 、 $i_1=20.98\pm2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $j_1$ は、式(34)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴としている。

【0061】請求項39記載の発明は、請求項36記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の骨重量BMCを与える式(35)を構成する前記定数 $h_2, i_2, j_2$ として、60歳未満の人に対しては、 $h_2=36.7\pm2.0\%$ 、 $i_2=0.026\pm2.0\%$ 、 $j_2=105.66\pm2.0\%$ で与えられ、60歳以上の人に対しては、 $h_2=17.65\pm2.0\%$ 、 $i_2=0.037\pm2.0\%$ 、 $j_2=-262.62\pm2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $k$

\*いる。

【0054】請求項35記載の発明は、請求項21記載の身体組成推計装置に係り、式(28)乃至式(33)のいずれか1の式に基づいて、前記除骨重量・脂肪重量LEANを推計すると共に、式(34)に基づいて、前記被験者の骨重量BMCを推計した後、前記被験者の体重と、式(28)乃至(33)のいずれか1の式から得られた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(34)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴としている。

【0055】

【数34】

※れた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(35)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴としている。

【0057】

【数35】

★れた前記除骨重量・脂肪重量LEANと、式(36)から得られた前記骨重量BMCとに基づいて前記被験者の脂肪重量又は体脂肪率を推計することを特徴としている。

【0059】

【数36】

$z$ は、式(35)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴としている。

【0062】請求項40記載の発明は、請求項37記載の身体組成推計装置に係り、前記被験者の骨重量BMCを与える式(36)を構成する前記定数 $g_3, h_3, i_3, j_3$ は、 $g_3=-7.33\pm2.0\%$ 、 $h_3=23.48\pm2.0\%$ 、 $i_3=26.14\pm2.0\%$ 、 $j_3=-62.05\pm2.0\%$ で与えられ、かつ、前記定数 $k_3$ は、式(36)の左辺の平均値と、右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求めたものであることを特徴としている。

【0063】また、請求項41記載の発明は、身体組成推計プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に係り、コンピュータによって被験者の体の脂肪重量を推計するための身体組成推計プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、コンピュータを請求項21乃至40のいずれか1に記載の前記生体電気インピーダンス測定手段の一部、アドミッ

タンス算出手段、LEAN推計手段、骨重量推計手段、及び脂肪重量／体脂肪率推計手段として機能させるための身体組成推計プログラムを記憶してなる。

#### 【0064】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。説明は、実施例を用いて具体的に行う。図1は、この発明の一実施例である身体組成推計装置の電気的構成を示すブロック図、図2は、同身体組成推計装置の使用状態を模式的に示す模式図、図3は、人体のインピーダンス軌跡を示す図、図4は、人体組織の電気的等価回路図、図5は、周波数無限大時の人体組織の電気的等価回路図、図6は、同身体組成推計装置の動作手順を示すフローチャート、図7は、同身体組成推計装置における表示器の表示例を示す図、図8は、DXAにより求められた脂肪重量FATと、同身体組成推計装置により求められた脂肪重量FATとの相関図、また、図17は、DXAにより求められた脂肪重量FATと上記従来の身体組成推計装置により求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【0065】この例の身体組成推計装置4は、除骨重量・脂肪重量、体脂肪率等、被験者の体脂肪の状態等を推計する装置に係り、図1及び図2に示すように、被験者の体Eに測定信号としてマルチ周波のプロープ電流I<sub>b</sub>を周波数毎に流すための信号出力回路5と、被験者の体Eを流れるマルチ周波のプロープ電流I<sub>b</sub>を検出するための電流検出回路6と、被験者の手足間の電圧V<sub>p</sub>を検出するための電圧検出回路7と、入力装置としてのキーボード8と、出力装置としての表示器9と、装置各部を制御すると共に、各種演算処理を行うCPU（中央処理装置）10と、CPU10の処理プログラムを記憶するROM11と、各種データを一時記憶するデータ領域及びCPU10の作業領域が設定されるRAM12と、測定時に被験者の手甲部H<sub>a</sub>や足甲部L<sub>e</sub>の皮膚表面に導電可能に貼り付けられる4個の表面電極H<sub>p</sub>、H<sub>c</sub>、L<sub>p</sub>、L<sub>c</sub>とから概略構成されている。

【0066】上記キーボード8は、被験者の身長、年齢、体重、性別等を入力するためのテンキーや機能キー、及び操作者（又は被験者）が測定開始／測定終了を指示するための開始／終了スイッチ等を有して構成されている。キーボード8から供給される身長データ、年齢データ、体重データ、性別データは、図示せぬキーコード発生回路でキーコードに変換されてCPU10に供給される。CPU10は、コード入力された各種操作信号及び身長データ等をRAM12のデータ領域に一時記憶する。

【0067】上記信号出力回路5は、PIO（パラレル・インタフェース）51、測定信号発生器52及び出力バッファ53から構成されている。測定信号発生器52は、所定の掃引周期で、PIO51を介してCPU10から信号発生指示信号SGが供給されると、周波数が、

例えば1kHz～400kHzの範囲で、かつ、15kHzの周波数間隔で段階変化する測定信号（電流）I<sub>a</sub>を、所定の掃引回数Nに亘って、繰返し生成して、出力バッファ53に入力する。出力バッファ53は、入力される測定信号I<sub>a</sub>を定電流状態に保ちながら、マルチ周波のプロープ電流I<sub>b</sub>として表面電極H<sub>c</sub>に送出する。この表面電極H<sub>c</sub>は、測定時、被験者の手甲部H<sub>a</sub>に導電可能に貼り付けられ、これにより、100～800μAの範囲にある電流I<sub>b</sub>が被験者の体E（図2）を流れることになる。

【0068】上記電流検出回路6は、I/V変換器（電流／電圧変換器）61、BPF（バンドパスフィルタ）62、A/D変換器63及びサンプリングメモリ64から概略構成されている。I/V変換器61は、被験者の体E、すなわち被験者の手甲部H<sub>a</sub>（図2）に貼り付けられた表面電極H<sub>c</sub>と足甲部L<sub>e</sub>に貼り付けられた表面電極L<sub>c</sub>との間を流れるマルチ周波のプロープ電流I<sub>b</sub>を検出して電圧V<sub>b</sub>に変換し、変換により得られた電圧V<sub>b</sub>をBPF62に供給する。BPF62は、入力された電圧V<sub>b</sub>のうち、略1kHz～800kHzの帯域の電圧信号のみを通して、A/D変換器63に供給する。

【0069】A/D変換器63は、CPU10が発行するデジタル変換指示に従って、アナログの入力電圧V<sub>b</sub>をデジタルの電圧信号V<sub>b</sub>に変換した後、デジタル化された電圧信号V<sub>b</sub>を電圧データV<sub>b</sub>として、サンプリング周期毎、測定信号I<sub>a</sub>の周波数毎にサンプリングメモリ64に格納する。また、サンプリングメモリ64は、SRAMから構成され、測定信号I<sub>a</sub>の周波数毎に一時格納されたデジタルの電圧信号V<sub>b</sub>を、CPU10の求めに応じて、CPU10に送出する。

【0070】電圧検出回路7は、差動増幅器71、BPF（バンドパスフィルタ）72、A/D変換器73及びサンプリングメモリ74から構成されている。差動増幅器71は、被験者の体E、すなわち被験者の手甲部H<sub>a</sub>に貼り付けられた表面電極H<sub>p</sub>と足甲部L<sub>e</sub>に貼り付けられた表面電極L<sub>p</sub>との間の電圧（電位差）を検出する。BPF72は、入力された電圧V<sub>p</sub>のうち、略1kHz～800kHzの帯域の電圧信号のみを通して、A/D変換器73に供給する。A/D変換器73は、CPU10が発行するデジタル変換指示に従って、アナログの入力電圧V<sub>p</sub>をデジタルの電圧信号V<sub>p</sub>に変換した後、デジタル化された電圧信号V<sub>p</sub>を電圧データV<sub>p</sub>として、サンプリング周期毎、測定信号I<sub>a</sub>の周波数毎にサンプリングメモリ74に格納する。また、サンプリングメモリ74は、SRAMから構成され、測定信号I<sub>a</sub>の周波数毎に一時格納されたデジタルの電圧信号V<sub>p</sub>を、CPU10の求めに応じて、CPU10に送出する。なお、CPU10は、2つのA/D変換器63、73に対して同一のタイミングでデジタル変換指示を行う。

【0071】ROM11は、CPU10の処理プログラムとして、主プログラムの他、例えば、インピーダンス算出サブプログラム、インピーダンス軌跡算出サブプログラム、周波数0時・周波数無限大時アドミッタンス決定サブプログラム（以下、単に、アドミッタンス決定サブプログラムという）、除骨重量・脂肪重量推計サブプログラム、骨重量推計サブプログラム、脂肪重量推計サブプログラム、及び体脂肪率推計サブプログラム等を格納する。各種プログラムは、ROM11からCPU10に読み込まれ、CPU10の動作を制御する。なお、これらのサブプログラムを記録する記録媒体は、ROM11等の半導体メモリに限らず、磁気ディスク、磁気テープ等の磁氣的メモリ、ROMやRAM等の半導体メモリ、CD-ROM等の光磁気メモリ、光学的メモリその他の記録媒体であっても良い。

【0072】ここで、インピーダンス算出サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、サンプリングメモリ64、74に記憶された周波数毎で、かつ各周波数における掃引毎の電流データ及び電圧データを順次読み出して、各周波数についての被験者の生体電気インピーダンスを算出する処理を実行させる。「従来の技術」欄で説明したように、細胞膜2、2、…は、容量の大きなコンデンサとみることができるため、外部から印加された電流は、周波数の低いときには、図18に実線A、A、…で示すように、細胞外液3のみを流れる。しかし、周波数が高くなるにつれて、細胞膜2、2、…を通過して流れる電流が増え、周波数が非常に高くなると、同図に破線B、B、…で示すように、細胞1、1、…内を通過して流れるようになる。

【0073】インピーダンス軌跡算出サブプログラムは、記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、インピーダンス算出サブプログラムの実行で得られた各周波数についての被験者の生体電気インピーダンスに基づいて、最小二乗法の演算法に従って、周波数0時及び周波数無限大時にまで外挿して周波数0から周波数無限大までのインピーダンス軌跡を算出する処理を実行させる。「従来の技術」欄では、人体の組織を単純な電気\*

$$LEAN = a_1 Y(0) H^2 + b_1 Y(\infty) H^2 + c_1 W + d_1 \quad \dots (37)$$

LEAN：被験者の体の除骨重量・脂肪重量

Y(0)：外挿して得られた周波数0時アドミッタンス [1/Ω]

Y(∞)：外挿して得られた周波数無限大時アドミッタンス [1/Ω]

H：被験者の身長 [cm]

W：被験者の体重 [kg]

a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>, d<sub>1</sub>：定数

【0077】式(37)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた除骨重量・脂肪重量LEANの重回帰式であり、定数a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>, d

\*的等価回路(図19)で表したが、実際の人体の組織では、いろいろな大きさの細胞が不規則に配置されているので、実際の人体のインピーダンス軌跡は、図3に実線Dで示すように、中心が実軸より上がった円弧となり、電氣的等価回路は、図4に示すように、時定数τ=Cmk/Yikが分布している分布定数回路で表される。なお、同図において、1/Yelは細胞外液抵抗、1/Yikは各細胞の細胞内液抵抗、Cmkは各細胞の細胞膜容量を示す。

【0074】アドミッタンス決定サブプログラムは、記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、インピーダンス軌跡算出サブプログラムの制御の下で得られたインピーダンス軌跡に基づいて、周波数0時の被験者の生体電気アドミッタンス（以下、周波数0時アドミッタンスともいう）Y(0)と周波数無限大時の被験者の生体電気アドミッタンス（以下、周波数無限大時アドミッタンスともいう）Y(∞)とを決定する処理を実行させる。ここで、周波数0における生体電気インピーダンスは、細胞外液抵抗と等価となるので、求められた周波数0時アドミッタンスY(0)は、細胞外液抵抗の逆数なのである。また、周波数無限大では、図5に示すように、細胞膜が容量性能力を失い、生体電気インピーダンスは、細胞内液抵抗と細胞外液抵抗との合成抵抗と等価(図5)になる。したがって、周波数無限大時アドミッタンスY(∞)は、細胞内液抵抗と細胞外液抵抗との合成抵抗の逆数なのである。

【0075】除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU1に、アドミッタンス決定サブプログラムの実行で求められた周波数0時アドミッタンスY(0)と、周波数無限大時アドミッタンスY(∞)と、キーボード8を介して入力された被験者の身長H及び体重Wとに基づいて、具体的には、式(37)を用いて、「被験者の体重から骨重量及び脂肪重量を除いた重量」とであると定義される除骨重量・脂肪重量LEANを推計する処理を実行させる。

【0076】

【数37】

a<sub>1</sub>は、男女別に、DXAで測定した除骨重量・脂肪重量LEANをY(0)H<sup>2</sup>, Y(∞)H<sup>2</sup>, Wの3つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、男性に対しては、a<sub>1</sub>=74.19±2.0%, b<sub>1</sub>=266.32±2.0%, c<sub>1</sub>=0.24±2.0%が与えられ、女性に対しては、a<sub>1</sub>=180.54±2.0%, b<sub>1</sub>=198.89±2.0%, c<sub>1</sub>=0.099±2.0%が与えられる。一方、定数d<sub>1</sub>は、式(37)の左辺の平均値と、式(37)右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められる。

【0078】また、骨重量推計サブプログラムは、該サ



プログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU1に、キーボード8を介して入力された被験者の年齢AGE、身長H、及び体重Wに基づいて、具体的には、式(38)を用いて、被験者の骨重量BMCを推計する\*

$$BMC = g_1 AGE + h_1 H + i_1 W + j_1 \quad \dots (38)$$

AGE: 被験者の年齢

H: 被験者の身長 [cm]

W: 被験者の体重 [kg]

$g_1, h_1, i_1, j_1$ : 定数式(38)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた骨重量BMCの重回帰式であり、定数 $g_1, h_1, i_1, j_1$ は、男女別に、DXAで測定した骨重量BMCをAGE, H, Wの3つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、男性に対しては、 $g_1 = 2.13 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 22.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 46.11 \pm 2.0\%$ が与えられ、女性に対しては、 $g_1 = -11.37 \pm 2.0\%$ 、 $h_1 = 21.03 \pm 2.0\%$ 、 $i_1 = 20.98 \pm 2.0\%$ が与えられる。一方、定数 $j_1$ は、式(3

$$FAT = W - (LEAN + BMC)$$

W: 被験者の体重 [kg]

LEAN: 被験者の体の除骨重量・脂肪重量 [kg]

BMC: 被験者の骨重量 [kg]

【0082】また、体脂肪率推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU1に、脂肪重量推計サブプログラムの実行で推計さ★

$$\%FAT = 100FAT/W$$

【0084】RAM12のデータ領域には、さらに、インピーダンス算出サブプログラム等の実行により得られた被験者の生体電気インピーダンスを周波数毎に記憶する生体電気インピーダンス記憶領域と、周波数0時アドミッタンス $Y(0)$ 及び周波数無限大時アドミッタンス $Y(\infty)$ を記憶するアドミッタンス記憶領域と、キーボード8を介して入力された被験者の身長データを記憶する身長データ記憶領域と、キーボード8を介して入力された被験者の年齢を記憶する年齢データ記憶領域と、キーボード8を介して入力された被験者の体重を記憶する体重データ記憶領域と、被験者の性別を記憶する性別記憶領域と、除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムの実行で得られた除骨重量・脂肪重量を記憶する除骨重量・脂肪重量記憶領域と、骨重量サブプログラムの実行で得られた骨重量を記憶する骨重量記憶領域と、脂肪重量推計サブプログラムの実行で得られた脂肪重量を記憶する脂肪重量記憶領域と、体脂肪率推計サブプログラムの実行で得られた体脂肪率を記憶する体脂肪率記憶領域が設定される。

【0085】表示器9は、例えば、カラー表示が可能な液晶表示パネルからなり、キーボード8からの入力データ、例えば、被験者の身長等やCPU10の演算結果、例えば、除骨重量・脂肪重量、骨重量、脂肪重量、体脂肪率、インピーダンス軌跡等を表示する。

\*処理を実行させる。

【0079】

【数38】

※8)の左辺の平均値と、式(38)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められる。

【0080】また、脂肪重量推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU1に、キーボード8を介し入力された被験者の体重Wと、除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムの実行で得られた除骨重量・脂肪重量重量LEANと、骨重量推計サブプログラムの実行で得られた骨重量BMCとに基づいて、具体的には、式(39)を用いて、被験者の脂肪重量FATを推計する処理を実行させる。

【0081】

【数39】

$$\dots (39)$$

20 ★れた脂肪重量FATと、キーボード8を介して入力された体重Wとに基づいて、具体的には、式(40)を用いて、被験者の体脂肪率%FATを算出する処理を実行させる。

【0083】

【数40】

$$\dots (40)$$

【0086】次に、この例の動作について説明する。まず、測定に先だって、図2に示すように、操作者(又は被験者)が、2個の表面電極Hc, Hpを被験者の手甲部Haに、2個の表面電極Lp, Lcを被験者の同じ側の足甲部Leにそれぞれ当着する、例えば、導電クリームを介して貼り付ける。以下、貼り付ける場合について説明する。この貼り付ける表面電極のうち、表面電極Hc, Lcは、それぞれマルチ周波のプロープ電流において、その周期毎に電流流入表面電極及び電流流出表面電極が入れ替わる電極として用いられるものであり、また、表面電極Hp, Lpは、表面電極Hc, Lcから生体へのマルチ周波のプロープ電流の投入により電圧検出部位に発生している電圧を取り出す電極である。表面電極Hp, Lpは、2個の表面電極Hc, Lcのうちの一方が流入表面電極になるときに該流入表面電極よりも下流側であって人体の中心に近い生体表面部位に貼り付けられる電極であり、該投入状態において他方は、電流流出表面電極よりも上流側であって人体の中心に近い生体表面部位に貼り付けられる電極である。操作者(又は被験者自身)が身体組成推計装置4のキーボード8を操作して、被験者の身長、年齢、体重、性別を入力してRAM12の身長データ記憶領域、年齢データ記憶領域、体重データ記憶領域、性別データ記憶領域に記憶させる。

50 【0087】次に、操作者(又は被験者自身)が、キー



ボード8の開始/終了スイッチをオンにすると、これより、CPU10は、図6に示す処理の流れに従って、動作を開始する。まず、ステップSP10において、CPU10は、信号出力回路5の測定信号発生器52に、信号発生指示信号SGを発行する。測定信号発生器52は、CPU10から信号発生指示信号SGを受け取ると、駆動を開始して、全測定時間の間、所定の掃引周期毎に、周波数が、1kHz～400kHzの範囲で、かつ、15kHzの周波数間隔で段階変化する測定信号Iaを順次に生成して、出力バッファ53に入力する。出力バッファ53は、入力される測定信号Iaを定電流状態(100～800μAに範囲の一定値)に保ちながら、順次に周波数を異にして生成されるマルチ周波のプロブ電流Ibとして表面電極Hcに送出する。これにより、定電流Ibが、表面電極Hcから被験者の体Eを流れ、測定が開始される。

【0088】電流Ibが被験者の体Eに供給されると、電流検出回路6のI/V変換器61において、表面電極Hc、Lcが貼り付けられた手足間を流れるマルチ周波のプロブ電流Ibが検出され、アナログの電圧信号Vbに変換された後、BPF62に供給される。BPF62では、入力された電圧信号Vbの中から1kHz～800kHzの帯域の電圧信号成分のみが通過を許されて、A/D変換器63へ供給される。A/D変換器63では、供給されたアナログの電圧信号Vbが、デジタルの電圧信号Vbに変換され、電流データVbとして、所定のサンプリング周期毎、測定信号Iaの周波数毎にサンプリングメモリ64に記憶される。サンプリングメモリ64では、記憶されたデジタルの電圧信号VbがCPU10の求めに応じて、CPU10に送出される。一方、電圧検出回路7の差動増幅器71において、表面電極Hp、Lpが貼り付けられた手足間で生じた電圧Vpが検出され、BPF72に供給される。BPF72では、入力された電圧信号Vpの中から1kHz～800kHzの帯域の電圧信号成分のみが通過を許されて、A/D変換器73へ供給される。A/D変換器73では、供給されたアナログの電圧信号Vpが、デジタルの電圧信号Vpに変換され、電圧データVpとして、所定のサンプリング周期毎、測定信号Iaの周波数毎にサンプリングメモリ74に記憶される。サンプリングメモリ74では、記憶されたデジタルの電圧信号VpがCPU10の求めに応じて、CPU10に送出される。CPU10は、プロブ電流Iaの掃引回数が、指定された掃引回数N繰り返す。

【0089】そして、掃引回数が指定の回数になると、CPU10は、測定を停止する制御を行った後、図6に示すステップSP11へ進み、これより、まず、インピーダンス算出サブプログラムを起動して、両サンプリングメモリ64、74に記憶された周波数毎の電流データ及び電圧データを順次読み出して、各周波数についての

被験者の生体電気インピーダンス(掃引回数N回の平均値)を算出する。算出した生体電気インピーダンスをRAM12の生体電気インピーダンス記憶領域に記憶する。なお、生体電気インピーダンスの算出には、その成分(抵抗及びリアクタンス)の算出も含まれる。次に、CPU10は、インピーダンス軌跡算出サブプログラムを起動して、インピーダンス算出サブプログラムの実行により得られた各周波数についての被験者の生体電気インピーダンス及びその成分(抵抗及びリアクタンス)に基づいて、最小二乗法を用いるカーブフィッティングの手法に従って、周波数0から周波数無限大にまで外挿して周波数0時から周波数無限大までのインピーダンス軌跡を算出する。このようにして算出されたインピーダンス軌跡は、図7(a)、(b)に示すように、中心が実軸より上がった円弧となる。

【0090】次に、CPU10は、アドミッタンス決定サブプログラムに従って、インピーダンス軌跡算出サブプログラムの制御の下で得られたインピーダンス軌跡に基づいて、周波数0時アドミッタンスY(0)と周波数無限大時アドミッタンスY(∞)とを求める。CPU10は、求められた周波数0時アドミッタンスY(0)及び周波数無限大時アドミッタンスY(∞)をRAM12のアドミッタンス記憶領域に記憶する。

【0091】次いで、CPU10は、除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムの制御の下で、アドミッタンス決定サブプログラムの制御の下で算出された周波数0時アドミッタンスY(0)と、周波数無限大時アドミッタンスY(∞)と、キーボード8入力された被験者の身長Hとを、式(37)に代入して、被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを推計し、推計した被験者の除骨重量・脂肪重量LEANをRAM12の除骨重量・脂肪重量記憶領域に格納する(ステップSP12)。また、CPU10は、骨重量推計サブプログラムの制御の下で、キーボード8を介して入力された年齢AGE、身長H、及び体重Wを、式(38)に代入して、被験者の骨重量BMCを推計し、推計した骨重量BMCをRAM12の骨重量記憶領域に格納する。

【0092】次に、CPU10は、脂肪重量推計サブプログラムの制御の下で、除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムを起動して得られた被験者の除骨重量・脂肪重量LEANと、骨重量推計サブプログラムを起動して得られた骨重量BMCと、キーボード8から入力された被験者の重量Wとを、式(39)に代入して、被験者の脂肪重量を推計し、推計された脂肪重量をRAM12の脂肪重量記憶領域に格納する(ステップSP13)。このように推計された脂肪重量FATと、DXAにより測定された脂肪重量FATとの相関を図8に示す。また、比較のために、上記従来の身体組成推計装置を用いて推計された脂肪重量FATと、DXAにより測定された脂肪重量FATとの相関(相関係数R=0.878)を、図

17に示す。図8と図17とを比較すれば判るように、従来装置では脂肪重量FATについての相関係数Rが0.878であるのに対して、この例の装置によれば、相関係数Rが0.925と向上する。また、CPU10は、体脂肪率推計サブプログラムの制御の下で、脂肪重量推計サブプログラムの実行により得られた脂肪重量と、キーボード8から入力された被験者の体重Wとを、式(40)に代入して、被験者の体脂肪率を推計し、推計された体脂肪率をRAM12の体脂肪率記憶領域に格納する。

【0093】次に、CPU12は、ステップSP14に進んで、上述の各処理で得られた推計値、すなわち、被験者の除骨重量・脂肪重量、骨重量、脂肪重量、体脂肪率等を表示器9に表示させる。そして、一連の処理を終了する。

【0094】このように、この例の構成によれば、除骨重量・脂肪重量LEANを推計する際、被験者の体重Wをも考慮しているので、被験者の体脂肪の状態を一段と正確に推計できる。加えて、個人差が認められる骨重量BMCを考慮して被験者の脂肪重量が求められるので、被験者の体脂肪の状態を、さらに、一段と正確に推計できる。

$$LEAN = a_2 Y(0) H^2 + b_2 Y(\infty) H^2 + c_2 SEX + d_2$$

... (41)

H: 被験者の身長[kg]

SEX: 被験者の性別(男性のとき1とし、女性のとき2とする)

$a_2, b_2, c_2, d_2$ : 定数

【0098】式(41)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた除骨重量・脂肪重量LEANの重回帰式であり、定数 $a_2, b_2, c_2, d_2$ は、DXAで測定した除骨重量・脂肪重量LEANを $Y(0)H^2, Y(\infty)H^2, SEX$ の3つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、60歳未満の人に対しては、 $a_2 = 500.82 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5059.88 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.16 \pm 2.0\%$ で与えられ、60歳以上の人に対しては、 $a_2 = 409.$  ※

$$BMC = h_2 H + i_2 W + j_2 SEX + k_2$$

... (42)

H: 被験者の身長

SEX: 被験者の性別(男性のときSEX=1とし、女性のときSEX=2とする)

W: 被験者の体重

$h_2, i_2, j_2, k_2$ : 定数

【0101】式(42)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた骨重量BMCの重回帰式であり、定数 $h_2, i_2, j_2, k_2$ は、DXAで測定した骨重量BMCをH, W, SEXの3つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、60歳未満の人に対しては、 $h_2 = 36.7 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.026 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = 105.66 \pm 2.0\%$ で与

# \* 【0095】◇第2実施例

次に、この発明の第2実施例について説明する。この第2実施例の構成が、上述の第1実施例のそれと大きく異なるところは、上述の第1実施例では、除骨重量・脂肪重量LEANを推計するための説明変数として、Y

(0)  $H^2$ 、Y( $\infty$ )  $H^2$ 、Wを用いたが、この例では、Wに代えて、被験者の性別SEXを用いるようにした点、及び、第1実施例では、骨重量BMCを推計するための説明変数として、AGE、H、Wを用いたが、AGEに代えて、被験者の性別SEXを用いるようにした点である。

【0096】この例の除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムは、記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、アドミッタンス決定サブプログラムの実行で得られた周波数0時アドミッタンスY(0)及び周波数無限大時アドミッタンスY( $\infty$ )と、キーボード8を介して入力された被験者の身長H及び性別SEXとに基づいて、具体的には、式(41)を用いて、被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを推計する処理を実行させる。

【0097】

【数41】

※ $55 \pm 2.0\%$ 、 $b_2 = -5532.31 \pm 2.0\%$ 、 $c_2 = 0.15 \pm 2.0\%$ で与えられる。一方、定数 $d_2$ は、式(41)の左辺の平均値と、式(41)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求められる。

【0099】また、この例の骨重量推計サブプログラムは、記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、キーボード8を介して入力された被験者の、身長H、体重W、性別SEXに基づいて、具体的には、式(42)を用いて、被験者の骨重量BMCを推計する処理を実行させる。

【0100】

【数42】

えられ、60歳以上の人に対しては、 $h_2 = 17.65 \pm 2.0\%$ 、 $i_2 = 0.037 \pm 2.0\%$ 、 $j_2 = -262.62 \pm 2.0\%$ で与えられる。一方、定数 $k_2$ は、式(42)の左辺の平均値と、式(42)の右辺の第1項乃至第3項の和の平均値との差から求める。

【0102】上記以外の点では、第1実施例と略同様の構成である。それゆえ、上述の第1実施例と略同様な構成及び動作については、説明を省略する。

【0103】このように、この実施例において、60歳未満と60歳以上とで別々の式を用意したのは、一般に、成人と老人とでは、体重当たりの平均体水分量が異なるため、脂肪重量FATを同じ式から求めれば誤差が

含まれる可能性があるためである。

【0104】この例の身体組成推計装置により推計した60才未満の若年の人の骨重量BMCと、DXAにより測定した60才未満の若年の人の骨重量BMCとの相関を図9に示す。また、この例の身体組成推計装置により推計した60才以上の老人の骨重量BMCと、DXAにより測定した60才以上の老人の骨重量BMCとの相関を図10に示す。また、この例の身体組成推計装置により推計した60才未満の若年の人の脂肪重量FATと、DXAにより測定した60才未満の若年の人の脂肪重量FATとの相関を図11に示す。また、この例の身体組成推計装置により推計した60才以上の老人の脂肪重量FATと、DXAにより測定した60才以上の老人の脂肪重量FATとの相関を図12に示す。このように、60歳を境に式(42)を使い分けることにより、60才未満では骨重量BMCの相関係数Rが0.873でしかなかったのが、60歳以上では0.897と向上していることが読み取れ、また、図11と図12との比較から明らかなように、60歳を境に式(41)、(42)を使い分けることにより、脂肪重量FATの相関係数Rが60才未満では0.899でしかなかったのが、60歳以上では0.912と向上していることが読み取れる。

【0105】このように、この実施例の構成によれば、\*

$$LEAN = a_3 Y(0) H^2 + b_3 Y(\infty) H^2 + c_3 H^3 + d_3 W + e_3$$

$a_3, b_3, c_3, d_3, e_3$ : 定数式(43)は、多数の被験者について予め標準調査を実施した結果得られた除骨重量・脂肪重量LEANの重回帰式であり、定数 $a_3, b_3, c_3, d_3, e_3$ は、男女別に、DXAで測定した除骨重量・脂肪重量LEANを $Y(0)H^2, Y(\infty)H^2, H^3, W$ の4つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、男性に対しては、 $a_3 = 91.03 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 227.39 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.0024 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.20 \pm 2.0\%$ で与えられ、女性に対しては、 $a_3 = 157.38 \pm 2.0\%$ 、 $b_3 = 121.79 \pm 2.0\%$ 、 $c_3 = 0.003 \pm 2.0\%$ 、 $d_3 = 0.099 \pm 2.0\%$ で与えられる。一方、定数 $e_3$ は、式(43)の左辺の平均値と、式(43)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求める。なお、この例で用いる骨重量推計サブプログラムの実行で骨重量BMCを推計する式は、第1実施例の式(38)と同一であり、したがって、定数も第1実施例の式(38)の定数と同じである。

【0109】このようにして推計された脂肪重量FATと、DXAにより測定した脂肪重量FATとの相関を図13に示す。図13と図17との比較から明らかなように、この例の身体組成推計装置の構成によれば、脂肪重量FATの相関係数Rが0.878から0.94へ向上

$$LEAN = a_4 Y(0) H^2 + b_4 Y(\infty) H^2 + c_4 H^3 + d_4 SEX + e_4$$

... (44)

\*60歳未満と60歳以上とで別々の式を用いるので、一段と正確に身体組成を評価できる。加えて、除脂肪重量の73.2%が全身の水分量といわれているが、除脂肪重量が一段と正確に求められるので、全身の水分量の推定も一段と正確になる。

【0106】◇第3実施例

次に、この発明の第3実施例について説明する。この第3実施例の構成が、上述の第1実施例のそれと大きく異なるところは、上述の第1実施例では、除骨重量・脂肪重量LEANを推計するための説明変数として、Y

(0)  $H^2$ 、Y( $\infty$ )  $H^2$ 、Wを用いたが、この例では、さらに、被験者の身長Hの3乗の項も説明変数に加えた点である。

【0107】この例の除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、アドミッタンス決定サブプログラムの制御の下で得られた周波数0時アドミッタンスY(0)及び周波数無限大時アドミッタンスY( $\infty$ )と、キーボード8を介して入力された被験者の身長H及び体重Wとに基づいて、具体的には、式(43)を用いて、被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを推計する処理を実行する。

【0108】

【数43】

... (43)

する。

【0110】◇第4実施例

次に、この発明の第4実施例について説明する。この第4実施例の構成が、上述の第1実施例のそれと大きく異なるところは、上述の第1実施例では、除骨重量・脂肪重量LEANを推計するための説明変数として、Y

(0)  $H^2$ 、Y( $\infty$ )  $H^2$ 、Wを用いたが、この例では、Wに代えて、被験者の身長Hの3乗及び性別SEXを用いるようにした点、及び、第1実施例では、骨重量BMCを推計するための説明変数として、AGE、H、Wを用いたが、この例では、さらに、被験者の性別SEXを説明変数加えた点である。

【0111】この例の除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、アドミッタンス決定サブプログラムの実行で得られた周波数0時アドミッタンスY(0)及び周波数無限大時アドミッタンスY( $\infty$ )と、キーボード8を介して入力された被験者の身長H及び性別SEXとに基づいて、具体的には、式(44)を用いて、被験者の除骨重量・脂肪重量LEANを推計する処理を実行させる。

【0112】

【数44】

SEX:被験者の性別(男性のとき1とし、女性のとき2とする)

a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>, c<sub>4</sub>, d<sub>4</sub>, e<sub>4</sub>:定数

【0113】式(44)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた除骨重量・脂肪重量LEANの重回帰式であり、定数a<sub>4</sub>, b<sub>4</sub>, c<sub>4</sub>, d<sub>4</sub>, e<sub>4</sub>は、DXAで測定した除骨重量・脂肪重量LEANをY(0)H<sup>2</sup>, Y(∞)H<sup>2</sup>, H<sup>3</sup>, SEXの4つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、a<sub>4</sub>=98.51±20%、b<sub>4</sub>=261.7 10  
0±20%、c<sub>4</sub>=0.0028±20%、d<sub>4</sub>=-33\*

$$BMC = g_3 AGE + h_3 H + i_3 W + j_3 SEX + k_3 \quad \dots (45)$$

g<sub>3</sub>, h<sub>3</sub>, i<sub>3</sub>, j<sub>3</sub>, k<sub>3</sub>:定数

【0116】式(45)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた骨重量BMCの重回帰式であり、定数g<sub>3</sub>, h<sub>3</sub>, i<sub>3</sub>, j<sub>3</sub>, k<sub>3</sub>は、DXAで測定した骨重量BMCをAGE, H, W, SEXの4つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、g<sub>3</sub>=-7.33±20%、h<sub>3</sub>=23.48±20%、i<sub>3</sub>=26.14±20%、j<sub>3</sub>=-62.05 20  
±20%で与えられる。一方、定数k<sub>3</sub>は、式(45)の左辺の平均値と、式(45)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求められる。

【0117】このようにして推計された脂肪重量FATと、DXAにより測定した脂肪重量FATとの相関を図14に示す。図14と図17との比較から明らかなように、この例の身体組成推計装置によって求められる脂肪重量FATの相関係数Rは、従来の0.878から0.933に向上している。

※

$$LEAN = a_5 Y(0) H^2 + b_5 Y(\infty) H^2 + c_5 W + d_5 SEX + e_5 \quad \dots (46)$$

SEX:被験者の性別(男性のとき1とし、女性のとき2とする)

a<sub>5</sub>, b<sub>5</sub>, c<sub>5</sub>, d<sub>5</sub>, e<sub>5</sub>:定数

【0120】式(46)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた除骨重量・脂肪重量LEANの重回帰式であり、定数a<sub>5</sub>, b<sub>5</sub>, c<sub>5</sub>, d<sub>5</sub>, e<sub>5</sub>は、DXAで測定した除骨重量・脂肪重量LEANをY(0)H<sup>2</sup>, Y(∞)H<sup>2</sup>, W, SEXの4つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、a<sub>5</sub>=85.49±20%、b<sub>5</sub>=269.03±20%、c<sub>5</sub>=0.126±20%、d<sub>5</sub>=-4628.7 7  
7±20%で与えられる。一方、定数e<sub>5</sub>は、式(46)の左辺の平均値と、式(46)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求める。なお、この例で用いる骨重量推計サブプログラムの実行により骨重量BMCを推計する式は、第4実施例の式(45)と同一であり、したがって、定数も第4実施例の式(45)の定数と同じである。

【0121】このようにして推計した脂肪重量FAT

\*23.86±20%で与えられる。一方、定数e<sub>4</sub>は、式(44)の左辺の平均値と、式(44)の右辺の第1項乃至第4項の和の平均値との差から求める。

【0114】また、この例の骨重量推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU10に、キーボード8を介して入力された被験者の年齢AGE、身長H、体重W、性別SEXに基づいて、具体的には、式(45)を用いて、被験者の骨重量BMCを推計する処理を実行させる。

【0115】

【数45】

※【0118】◇第5実施例

次に、この発明の第5実施例について説明する。この第5実施例では、除骨重量・脂肪重量LEANを推計するための説明変数として、Y(0)H<sup>2</sup>, Y(∞)H<sup>2</sup>、体重Wの他に、被験者の性別SEXも加え、また、骨重量BMCを推計するための説明変数にも、AGE、H、Wの他、被験者の性別SEXを加えている。この例の除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムは、該サブプログラムに記述されたアルゴリズムに従って、CPU1に、アドミッタンス決定サブプログラムの実行で得られた周波数0時アドミッタンスY(0)及び周波数無限大時アドミッタンスY(∞)と、キーボード8を介して入力された被験者の身長H、体重W及び性別SEXとに基づいて、具体的には、式(46)を用いて除骨重量・脂肪重量を推計する処理を実行させる。

【0119】

【数46】

と、DXAにより測定した脂肪重量FATとの相関を図15に示す。図15と図17との比較から明らかなように、この例の身体組成推計装置によって求められる脂肪重量FATの相関係数Rは、従来の0.878から0.921に向上している。

【0122】◇第6実施例

次に、この発明の第6実施例について説明する。この第6実施例では、除骨重量・脂肪重量LEANを推計するための説明変数として、Y(0)H<sup>2</sup>、Y(∞)H<sup>2</sup>、体重W、被験者の身長Hの3乗及び性別SEXを用いた点、また、骨重量BMCを推計するための説明変数にも、AGE、H、Wの他、被験者の性別SEXを加えている。この例の除骨重量・脂肪重量推計サブプログラムは、記述されたアルゴリズムに従って、アドミッタンス決定サブプログラムの実行で得られた周波数0時アドミッタンスY(0)及び周波数無限大時アドミッタンスY(∞)と、キーボード8を介して入力された被験者の身長H、体重W、及び性別SEXとに基づいて、具体的には、式(47)を用いて、被験者の除骨重量・脂肪重量

LEANを推計する処理を実行する。

【0123】

\*【数47】

\*

$$\text{LEAN} = a_6 Y(0) H^2 + b_6 Y(\infty) H^2 + c_6 H^3 + d_6 W + e_6 \text{SEX} + f_6 \quad \dots (47)$$

$a_6, b_6, c_6, d_6, e_6, f_6$ : 定数

【0124】式(47)は、多数の被験者について予め標本調査を実施した結果得られた除骨重量・脂肪重量LEANの重回帰式であり、定数 $a_6, b_6, c_6, d_6, e_6, f_6$ は、DXAで測定した除骨重量・脂肪重量LEANを $Y(0)H^2, Y(\infty)H^2, H^3, W, \text{SEX}$ の5つの説明変数で重回帰分析して求められたものであって、この例では、 $a_6 = 68.12 \pm 2.0\%$ 、 $b_6 = 220.44 \pm 2.0\%$ 、 $c_6 = 0.0026 \pm 2.0\%$ 、 $d_6 = 0.11 \pm 2.0\%$ 、 $e_6 = -3779.48 \pm 2.0\%$ で与えられる。一方、定数 $f_6$ は、式(47)の左辺の平均値と、式(47)の右辺の第1項乃至第5項の和の平均値との差から求められる。なお、この例で用いる骨重量推計サブプログラムの実行により骨重量BMCを推計する式は、第4実施例の式(45)と同一であり、したがって、定数も第2実施例の式(45)の定数と同じである。

【0125】このようにして推計された脂肪重量FATと、DXAにより測定した脂肪重量FATとの相関を図16に示す。図16と図17との比較から明らかなように、この例の身体組成推計装置によって求められる脂肪重量FATの相関係数Rは、従来の0.878から0.934に向上している。

【0126】以上、この発明の実施例を図面により詳述してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。例えば、各種身体組成推計式の回帰係数等の数値は、上述の実施例のものに限らず、必要に応じて、変更可能である。また、上述の実施例では、4個の表面電極 $H_c, H_p, L_c, L_p$ のうち、2個の表面電極 $H_c, H_p$ を被験者Eの手甲部 $H_a$ に、残り2個の表面電極 $L_c, L_p$ を被験者Eの足甲部 $L_e$ に、貼り付けるようにしたが、これに限らず、例えば、各2個ずつ、左右の脚又は手に取り付けるようにしても良い。また、測定信号(電流) $I_a$ の周波数範囲は、 $1\text{kHz} \sim 400\text{kHz}$ に限定されない。同様に、周波数の数も複数である限り任意である。また、生体電気インピーダンスを算出した後に、生体電気アドミッタンスを算出する例を示したが、生体電気アドミッタンスを直接算出するようにしても良く、これには、インピーダンス軌跡を算出する代わりに、アドミッタンス軌跡の算出が用いられる。

【0127】また、上述の実施例では、最小二乗法によるカーブフィッティングの手法を用いて、周波数0時及び無限大時の生体電気インピーダンスを求めるようにしたが、これに限らず、浮遊容量や外来ノイズの影響を他

の手段により回避できる場合には、例えば、2周波数(5kHz以下の低周波と、200kHz以上の高周波)のプロープ電流を生成して被験者に投入し、被験者の体の低周波時の生体電気インピーダンス/アドミッタンスを周波数0時の生体電気インピーダンス/アドミッタンスとみなすと共に、被験者の体の高周波時の生体電気インピーダンス/アドミッタンスを周波数無限大時の生体電気インピーダンス/アドミッタンスとみなすようにしても良い。また、出力装置は、表示器に限らず、プリンタを用いても良い。また、上述の実施例における生体電気インピーダンスの測定に、定電流方式でプロープ電流を生体に投入する例を説明したが、定電圧方式でプロープ電流を生体に投入するようにしても良い。

【0128】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の構成によれば、「前記被験者の体重から脂肪重量及び骨重量を除いた重量」であると定義される除骨重量・脂肪重量LEANを推計する際、被験者の体重Wや性別SEXが考慮され、あるいは、身長Hの3乗の項までが考慮されるので、被験者の体脂肪の状態を正確に推計できる。

【0129】また、個人差が認められる骨重量BMCを考慮して、被験者の脂肪重量が求められるので、被験者の体脂肪の状態を、さらに、一段と正確に推計できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例である身体組成推計装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図2】同身体組成推計装置の使用状態を模式的に示す模式図である。

【図3】人体のインピーダンス軌跡を示す図である。

【図4】組織内細胞の電気的等価回路図である。

【図5】周波数無限大時の組織内細胞の電気的等価回路図である。

【図6】同身体組成推計装置の動作処理手順を示すフローチャートである。

【図7】同身体組成推計装置における表示器のインピーダンス軌跡の表示例を示す図である。

【図8】同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図9】この発明の第2実施例である身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、60歳未満の若年の人を推計対象とした場合の、同身体組成推計装置で求められた骨重量BMCと、DXAにより求められた骨重量BMCとの相関図である。

【図10】同身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、60歳以上の老人を推計対象とした

場合の、同身体組成推計装置で求められた骨重量BMCと、DXAにより求められた骨重量BMCとの相関図である。

【図11】同身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、60歳未満の若年の人を推計対象とした場合の、同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図12】同身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、60歳以上の老人を推計対象とした場合の、同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図13】この発明の第3実施例である身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

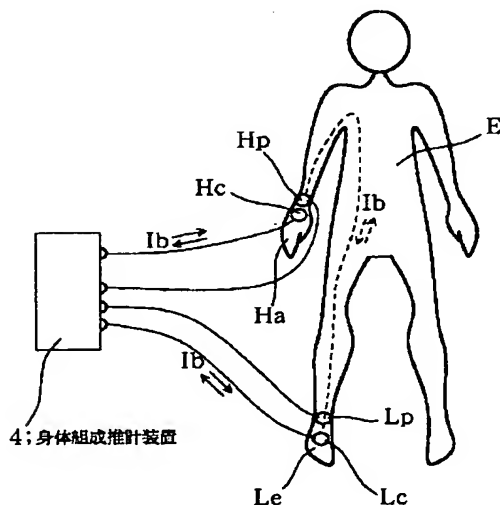
【図14】この発明の第4実施例である身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図15】この発明の第5実施例である身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図16】この発明の第6実施例である身体組成推計装置の推計性能を示すための図で、具体的には、同身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATと、DXAにより求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図17】DXAにより求められた脂肪重量FATと、従来の身体組成推計装置で求められた脂肪重量FATとの相関図である。

【図2】



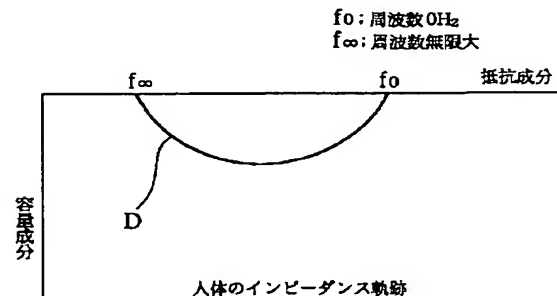
【図18】人体の組織内細胞を模式的に示す模式図である。

【図19】組織内細胞の電氣的等価回路図である。

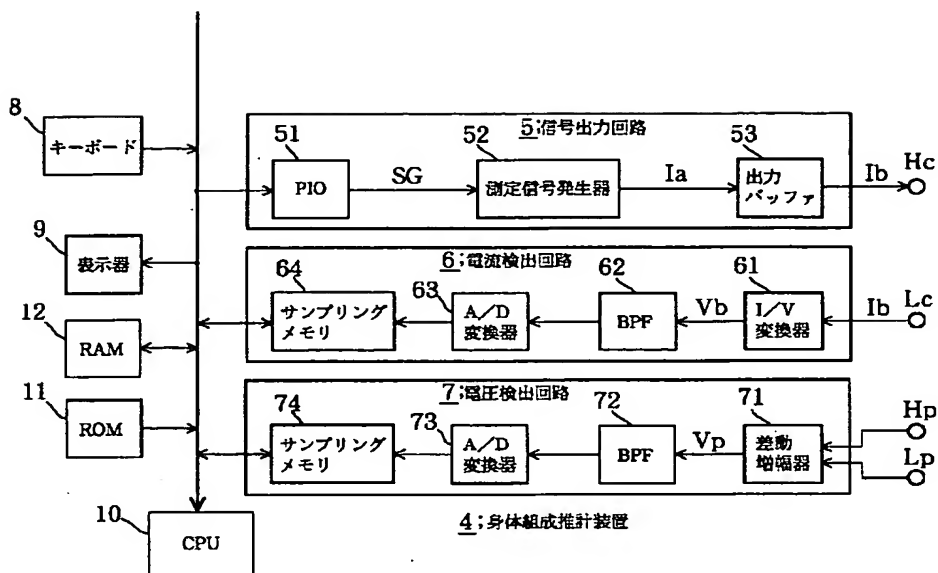
【符号の説明】

- 4 身体組成推計装置
- 5 信号出力回路（生体電気量測定手段の一部）
- 52 測定信号発生器
- 53 出力バッファ
- 6 電圧検出回路（生体電気量測定手段の一部）
- 10 61 I/V変換器
- 62 BPF
- 63 A/D変換器
- 64 サンプリングメモリ
- 7 電圧検出回路（生体電気量測定手段の一部）
- 71 差動増幅器
- 72 BPF
- 73 A/D変換器
- 74 サンプリングメモリ
- 8 キーボード（入力手段）
- 20 10 CPU（生体電気量測定手段、電気アドミタンス／電気インピーダンス算出手段、除骨重量・脂肪重量推計手段、脂肪重量／体脂肪率推計手段）
- 11 ROM
- 12 RAM
- Hc, Hp, Lc, Lp 表面電極
- E 被験者の体
- Ha 被験者の手甲部
- Le 被験者の足甲部
- Ia 測定信号
- 30 Ib マルチ周波のプロープ電流
- Vp 被験者の手足間の電圧

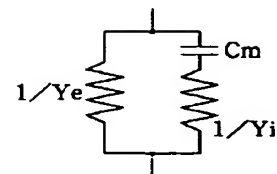
【図3】



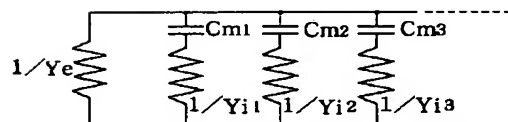
【図1】



【図19】



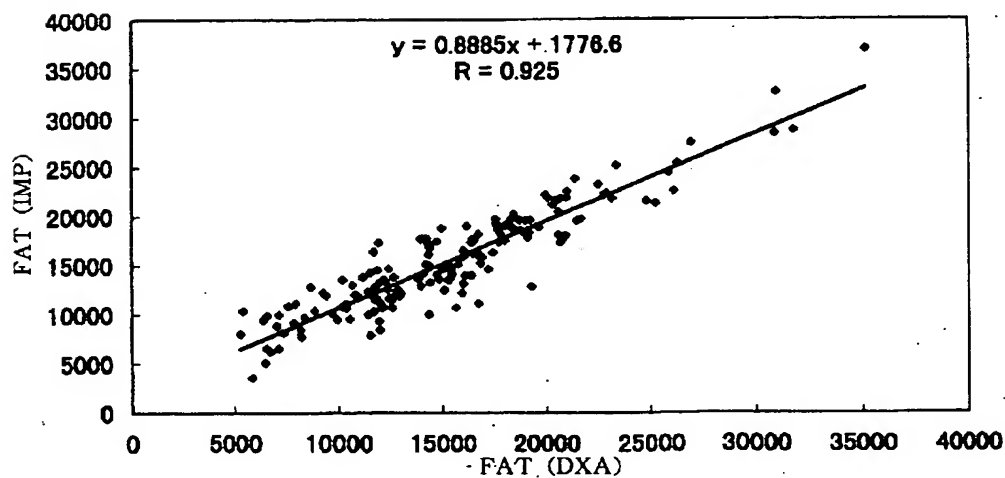
【図4】



【図5】

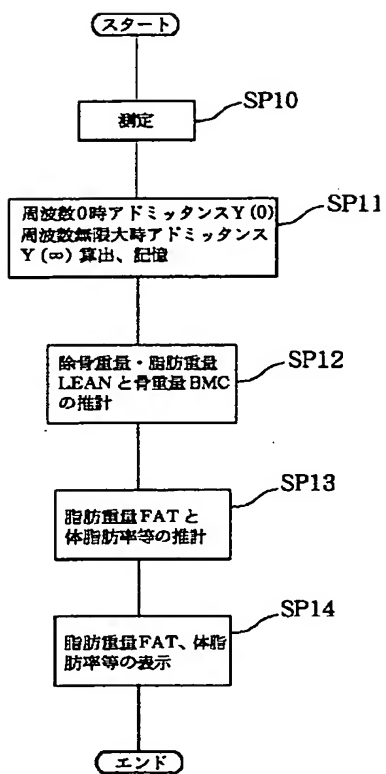


【図8】

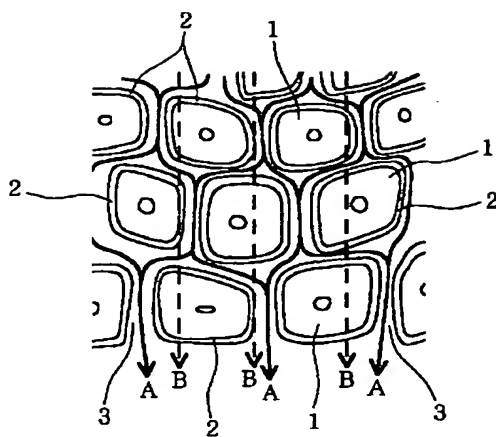




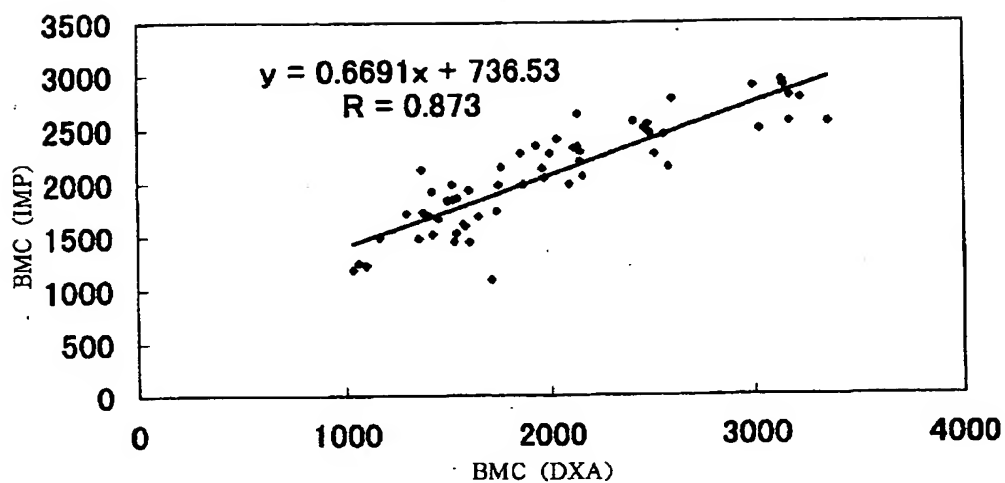
【図6】



【図18】

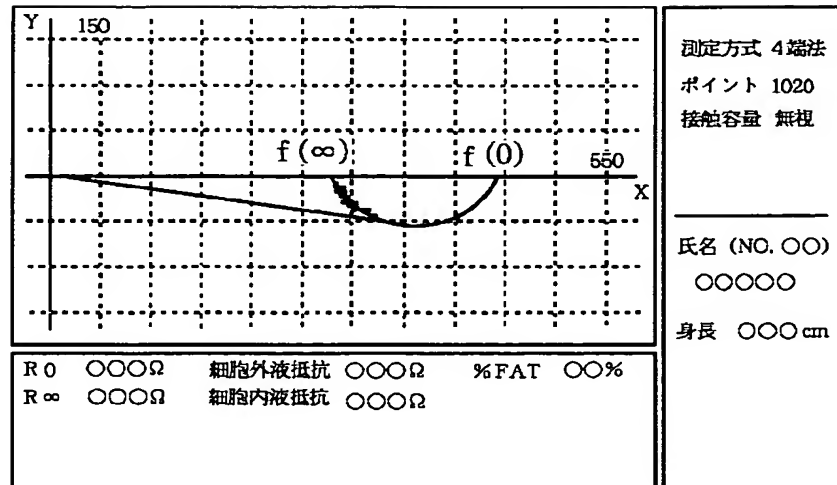


【図9】

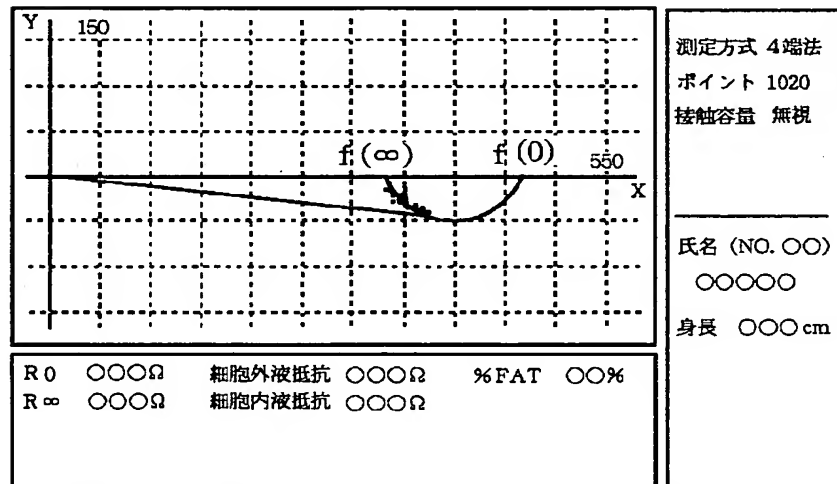


【図 7】

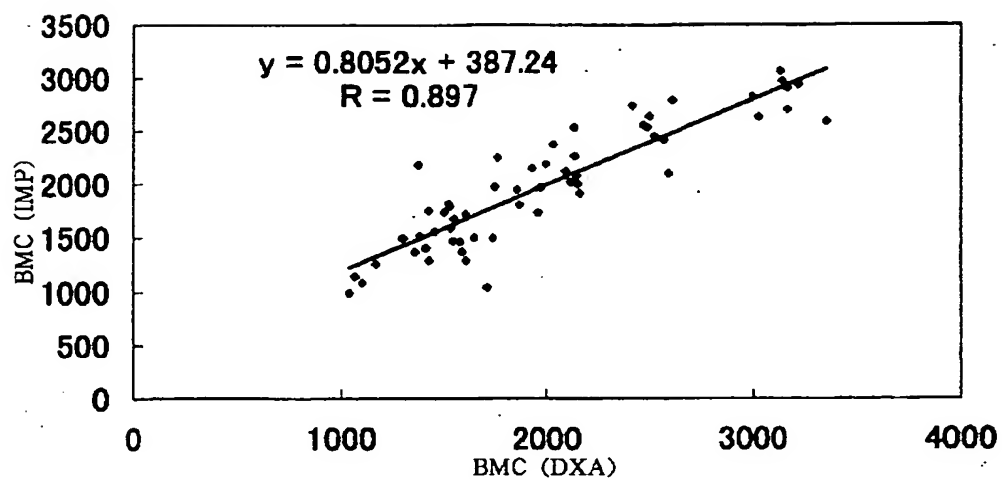
(a)



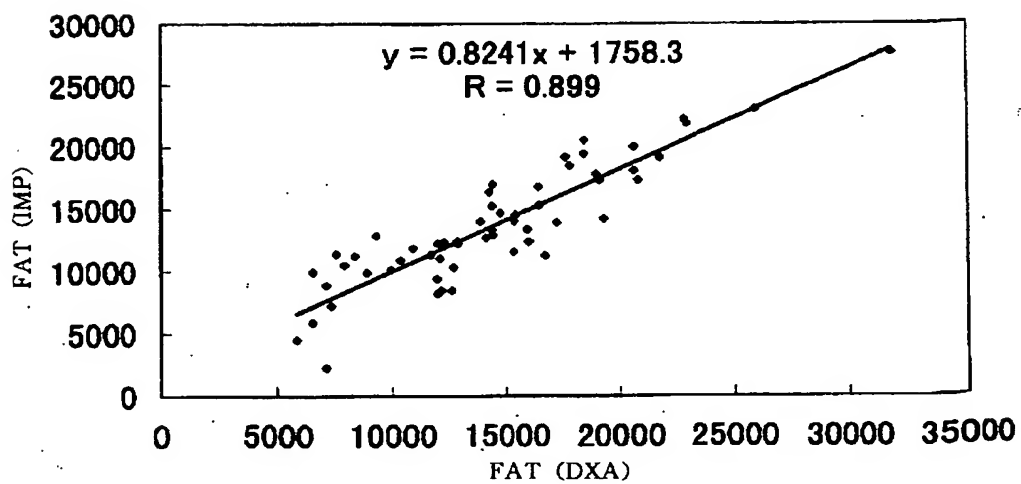
(b)



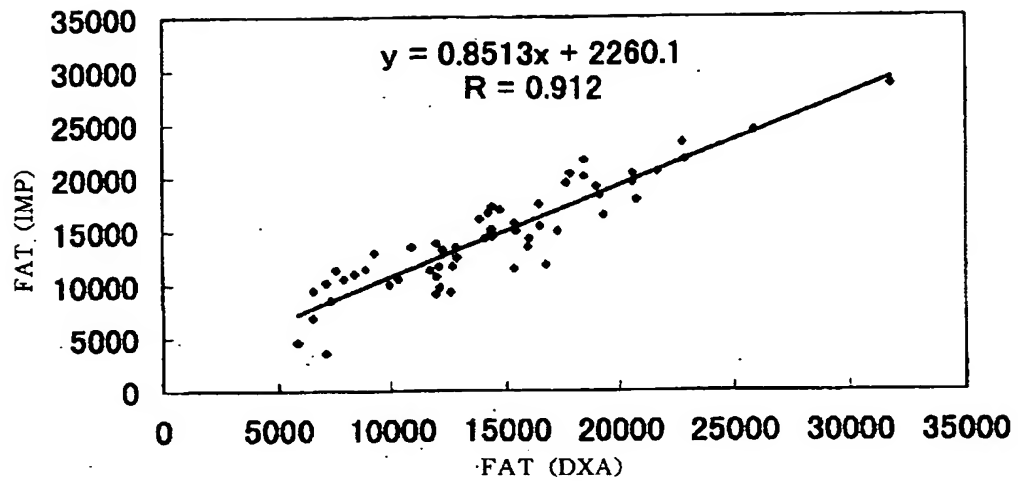
【図10】



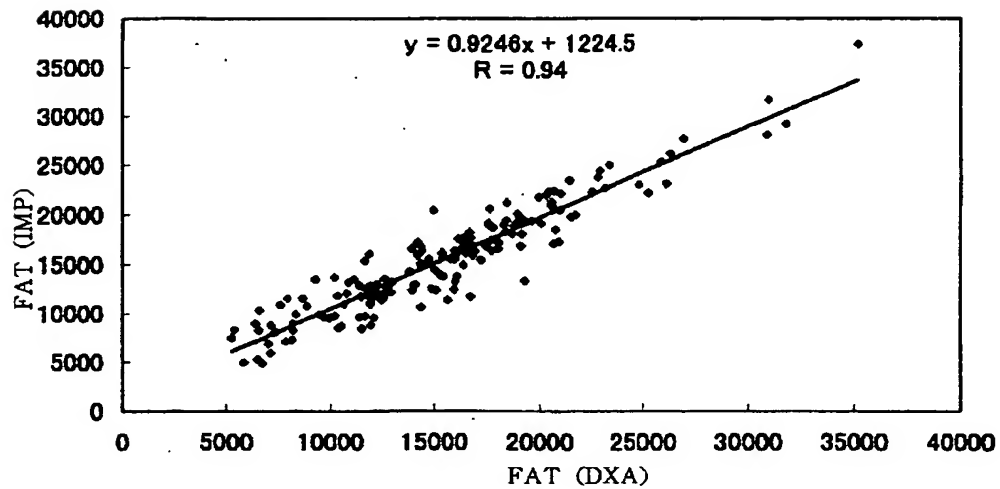
【図11】



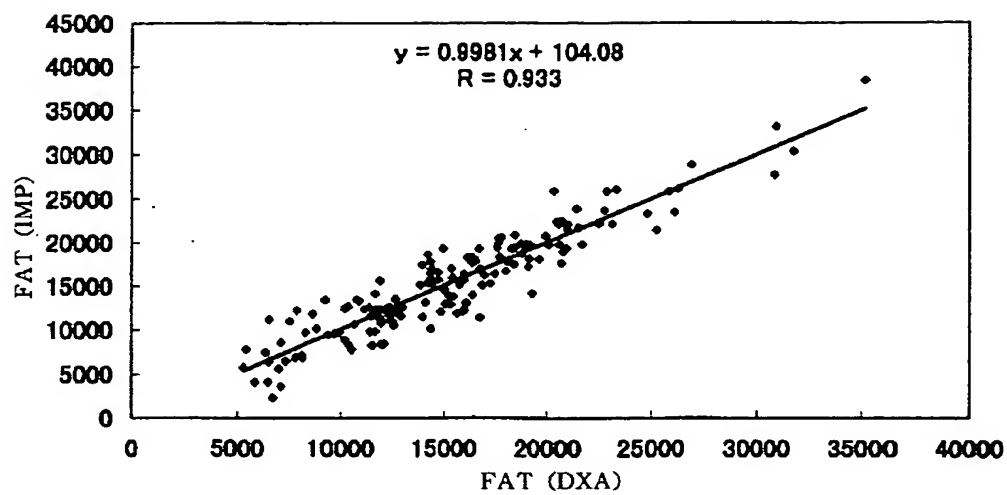
【図 12】



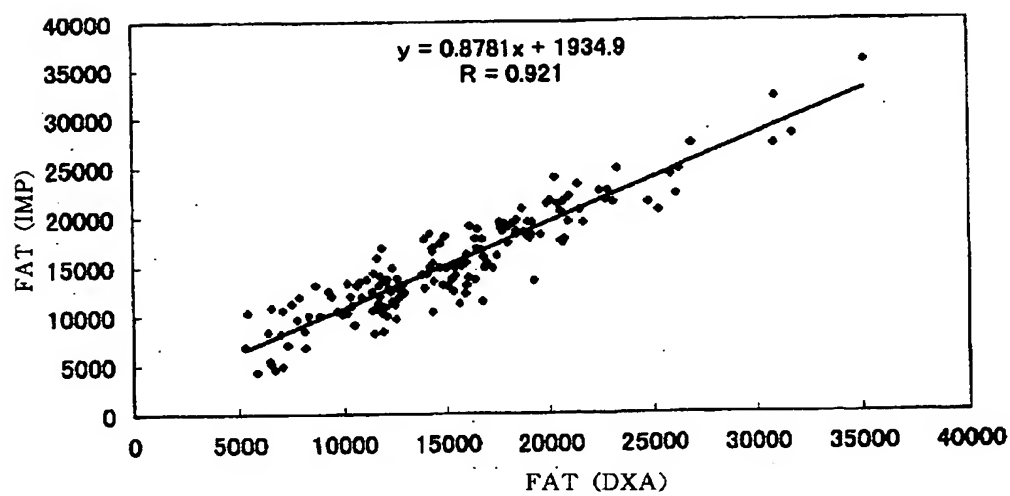
【図 13】



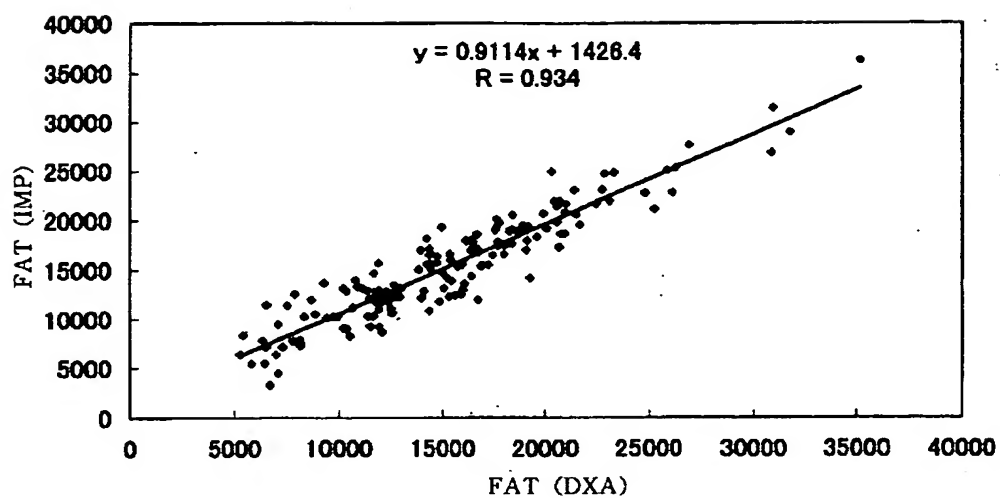
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

